

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN DE LA GALLINAZA
A TRAVÉS DEL COMPOSTAJE CON AYUDA DE COMPLEJO
MICROBIANO ACF-SR (AQUA CLEAN) CON SISTEMA
AUTOMÁTICO Y MONITORIZADO”**

Presentada por:

DIEGO ANTONIO WU LOLI

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2020

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN DE LA GALLINAZA
A TRAVÉS DEL COMPOSTAJE CON AYUDA DE COMPLEJO
MICROBIANO ACF-SR (AQUA CLEAN) CON SISTEMA
AUTOMÁTICO Y MONITORIZADO”**

Presentada por:

DIEGO ANTONIO WU LOLI

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ph. D. Lizardo Visitación Figueroa
PRESIDENTE

Dr. Víctor Juan Meza Contreras
MIEMBRO

Ing. Lawrence Enrique Quipuzco Ushñahua
MIEMBRO

Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
ASESORA

Ing. Manuel Toledo Botton
CO-ASESOR

DEDICATORIA

Dedicado a mis dos ejemplos a seguir

Víctor Ceccarelli Consiglieri

Pedro Aurelio Carrasco Pérez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis padres y hermano por acompañarme y apoyarme en todo este trayecto.

A mis abuelos, tíos y primos que siempre me apoyaron en mis estudios y trabajo de investigación.

A mi asesora por apoyarme y guiarme durante todo el proyecto.

Al personal de la granja de aves por el apoyo en el trabajo y facilidad con las herramientas y servicios. En especial al Ing. Ciriaco y al Sr. Humberto Yaringaño Espinoza.

A Natalia Sierra Méndez por el apoyo incondicional durante toda mi etapa universitaria y durante la tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Marco normativo	3
2.1.1 Decreto Legislativo N° 1501	3
2.1.2 Decreto Supremo N° 016-2012-AG	3
2.2 Residuos sólidos	3
2.2.1 Definición	3
2.2.2 Residuos orgánicos	4
2.2.3 Reaprovechamiento de residuos sólido	4
2.2.4 Abonos orgánicos	5
2.3 Compostaje	5
2.3.1 Definición	5
2.3.2 Factores importantes para el compostaje	7
2.3.3 Material compostable.....	9
2.3.4 Fases del compostaje	9
2.3.5 Calidad del compost, parámetros a considerar y regulación	10
2.4 Gallinaza.....	15
2.4.1 Definición	15
2.4.2 Composición de la gallinaza	15
2.4.3 Usos de la gallinaza	16
2.4.4 Características de la granja de aves de la UNALM.....	17
2.5 Pilas de compostaje	17
2.6 Calidad de agua en la UNALM	18

2.7	Parámetros de la materia prima del compostaje	18
2.8	Complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN).....	20
2.9	Sistema automatizado	21
2.10	Estudios de casos	22
2.10.1	Primer estudio de caso	22
2.10.2	Segundo estudio de caso	25
2.10.3	Tercer estudio de caso	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1	Área de estudio	28
3.2	Materiales y equipos	28
3.2.1	Equipos:	28
3.2.2	Materiales:	28
3.2.3	Reactivos.....	29
3.3	Metodología.....	29
3.3.1	Caracterización de la gallinaza y rastrojo vegetal.	30
3.3.2	Armado de Central Arduino	30
3.3.3	Compostaje	34
3.3.4	Determinación de las características fisicoquímicas del proceso de compostaje	40
3.3.5	Medición de la influencia del complejo microbiano	40
3.3.6	Prueba estadística.....	41
3.3.7	Medición de calidad de compostaje.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1	Parámetros de la materia prima del compostaje.	42
4.2	Parámetros durante la etapa de compostaje.....	44
4.3	Parámetro al finalizar la etapa de compostaje	49
4.3.1	Duración del compostaje	49
4.3.2	Resultados Físico-Químicos	52
4.3.3	Comparación con Norma de Calidad de Compost 10-10-2000 de Chile y Normativa de Calidad de Compost Austriaca	53

4.3.4	Comparación con NTP 331.557 2013	60
4.4	Prueba estadística	61
4.4.1	Análisis de varianza.....	61
4.4.2	Coefficiente de correlación de Pearson.....	62
V.	CONCLUSIONES.....	65
VI.	RECOMENDACIONES	66
VII.	BIBLIOGRAFÍA	67
VIII.	ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización de materiales de compostaje según su relación C/N	8
Tabla 2: Parámetros a considerar para valorar la calidad de un compost. Normativa	
Austriaca	12
Tabla 3: Parámetros a considerar para valorar la calidad de un compost. Normativa	
Chilena	13
Tabla 4: Parámetros a considerar de Productos orgánicos usados como abonos o	
fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Norma Peruana.	14
Tabla 5: Caracterización de los residuos avícolas de análisis elemental.....	15
Tabla 6: Características de diferentes tipos de gallinaza.....	16
Tabla 7: Resultados de parámetros de la gallinaza de la granja de aves de la UNALM.....	17
Tabla 8: Resultados de análisis de agua para consumo humano de la UNALM.....	19
Tabla 9: Rango ideal para el comienzo del compostaje	20
Tabla 10: Ingredientes de complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN).....	20
Tabla 11: Factores de los tratamientos (Córdova).....	26
Tabla 12: Composición biopilas	36
Tabla 13: Porcentaje de elemento del compostaje	39
Tabla 14: Cantidad de kg de elemento para el compostaje	39
Tabla 15: Medición de pH y conductividad eléctrica.....	42
Tabla 16: Relación C/N de la materia prima del compostaje.....	43
Tabla 17: Relación C/N de los ensayos.....	43
Tabla 18: Metales pesados de gallinaza	44
Tabla 19: Medición de pH durante el proceso de compostaje.....	44
Tabla 20: Duración fase termofílica – 60 por ciento.....	49
Tabla 21: Duración fase termofílica – 70 por ciento	50
Tabla 22: Prueba ANOVA para tratamientos de 60 por ciento.....	50
Tabla 23: Prueba ANOVA para tratamientos de 70 por ciento.....	51
Tabla 24: Prueba ANOVA para comparación entre ensayos	51
Tabla 25: Resultados de salida del compostaje (1).....	52
Tabla 26: Resultados de salida del compostaje (2)	52
Tabla 27: Resultados de salida del compostaje (3)	52

Tabla 28: Resultados de salida-pH	53
Tabla 29: Resultados de salida-Conductividad eléctrica.....	54
Tabla 30: Resultados de salida- M.O	54
Tabla 31: Resultados de salida-Carbono orgánico	55
Tabla 32: Resultados de salida-Nitrógeno total	56
Tabla 33: Resultados de salida-Relación C/N.....	57
Tabla 34: Resultados de salida-Humedad	58
Tabla 35: Resultados de salida-Pb.....	58
Tabla 36: Resultados de salida-Cd	59
Tabla 37: Comparación con la NTP de “Fertilizantes. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores del suelo”	60
Tabla 38: Prueba de normalidad – parámetros fisicoquímicos	61
Tabla 39: prueba de normalidad – parámetros inorgánicos.....	62
Tabla 40: Correlación – parámetros físico químicos.....	63
Tabla 41: Correlación – parámetros inorgánicos.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Parámetros que influyen en el proceso de compostaje	9
Figura 2: Temperatura del proceso mecanizado (Ávila)	23
Figura 3: Temperatura del proceso tradicional (Ávila)	23
Figura 4: pH del proceso mecanizado (Ávila)	24
Figura 5: pH del proceso tradicional (Ávila)	24
Figura 6: Variación de temperatura durante el compostaje (Auquilla)	25
Figura 7: Variación de pH durante el compostaje (Auquilla)	26
Figura 8: Variación de Temperatura durante el compostaje (Córdoba)	27
Figura 9: Variación de pH y temperatura durante el compostaje tipo 2 (Córdoba)	27
Figura 10: Sensores FC-28	31
Figura 11: Instalación de sensores	32
Figura 12: Instalación de termistor DS18B20	32
Figura 13: Conexión de memoria Micro SD	33
Figura 14: Termistores DS18B20 y FC-28 cableados	34
Figura 15: Posicionamiento de Biopilas	35
Figura 16: Pilas de compostaje recién armadas	36
Figura 17: Inoculación de Biopilas	37
Figura 18: Volteo de biopilas	38
Figura 19: Tamizado de biopilas	38
Figura 20: Gráficas Temperatura - Tiempo Biopilas completas	46
Figura 21: Gráfica de humedad – tiempo	48
Figura 22: Comparación de pH	53
Figura 23: Comparación conductividad eléctrica	54
Figura 24: Comparación materia orgánica	55
Figura 25: Comparación carbono orgánico	56
Figura 26: Comparación nitrógeno total	56
Figura 27: Comparación de la relación C/N	57
Figura 28: Comparación Humedad	58
Figura 29: Comparación plomo	59
Figura 30: Comparación cadmio	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación del proyecto	74
Anexo 2: Programación Arduino.....	75
Anexo 3: Captura de pantalla de análisis estadístico de Correlación	83
Anexo 4: Capturas de pantalla de prueba de Normalidad de Parámetros	
inorgánicos Físico Químicos.....	87
Anexo 5: Captura de pantalla de prueba ANOVA (Tukey).	92
Anexo 6: Resultados de laboratorios	101

RESUMEN

Las excretas de las aves es una de las mayores fuentes de residuos en las avícolas y generan focos de infección y malos olores. Estos se ven como algo que se debería eliminar y no como algo que se puede transformar y generar beneficios para este tipo de empresas. Por ello, esta investigación “Evaluación de la biodegradación de la gallinaza a través del compostaje con ayuda de complejo microbiano y sistema automático-monitorizado” tiene como finalidad probar el complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN), analizando la velocidad de descomposición y calidad final físico-química del proceso del compostaje de la gallinaza. La parte experimental se realizó en la granja de aves de la Universidad Nacional Agraria la Molina, realizando 14 biopilas de compostaje a las cuales se aplicó cuatro diferentes ensayos (cada ensayo constaba de tres repeticiones) y dos blancos, que fueron clasificadas por las siguientes variables: Porcentaje de gallinaza/rastrojo vegetal y dosis de aplicación del complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN). Estas pruebas se apoyaron en la tecnología ARDUINO, el cual midió la temperatura y humedad cada 5 minutos para el seguimiento de la descomposición de la gallinaza. Siendo más sencillo el monitoreo de estos dos parámetros básicos para el compostaje.

Concluyendo finalmente que el complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) disminuye el tiempo de descomposición de la mezcla de gallinaza/rastrojo vegetal durante el compostaje, acelerando la degradación entre las etapas mesofílica 1 y mesofílica 2, sin embargo, la aplicación de las bacterias no demostró cambios en la calidad final físico-química del compost, entre los ensayos y los blancos.

Palabras clave: compost, gallinaza, microorganismos, calidad

ABSTRACT

Bird droppings are one of the main sources of waste in poultry farm that often generate infectious spot and odors, being viewed as garbage that should be disposed of and not as something that can be benefit for this type of companies. For this reason, this research "Evaluation of the biodegradation of chicken manure through composting with the help of a microbial complex and automatic-monitored system" aims to test the ACF-SR microbial complex (AQUA CLEAN), analyzing the decomposition rate and quality physico-chemical end of the manure composting process. The experimental part was carried out in the poultry farm of Universidad Nacional Agraria la Molina, performing 14 composting biopiles to which four different tests were applied (each test consisted of three biopiles) and two blanks, which were classified by the following variables: Percentage of chicken manure / vegetable stubble and application dose of the ACF-SR microbial complex (AQUA CLEAN). These tests were supported by ARDUINO technology, which measured temperature and humidity every 5 minutes to monitor the decomposition of chicken manure. Being easier to monitor these two basic parameters for composting.

It was concluded that the microbial complex ACF-SR (AQUA CLEAN) decreases the decomposition time of the manure / vegetable stubble mixture during composting, accelerating the degradation between the mesophilic 1 and mesophilic 2 stages, whereas the application of bacteria does not showed changes in the final physico-chemical quality of the compost, between the trials and the whites.

Key words: Composting, chicken manure, microorganisms, quality.

I. INTRODUCCIÓN

“La producción de aves en el 2018 en nuestro país fue de 2 058 000 toneladas, siendo 7.5 por ciento más que el año anterior, además el pollo representa un 93.7 por ciento de esta producción y las gallinas de postura un 2.04 por ciento” (Ministerio de Agricultura [MINAGRI], 2019). La Interrogante que queda al aire es, ¿Cuántos animales se crían al año para estos productos?, y lo que conlleva a la siguiente interrogante, ¿Qué cantidad de excretas se produce en la crianza para carne y huevos de aves de corral? En promedio un pollo en el mercado pesa alrededor de 2 kg, con este valor podemos suponer que se necesitaron 964 millones de pollos para el consumo el año 2018. “Las estimaciones de heces excretadas por 1 000 aves al día (basadas en el promedio de peso diario vivo durante el ciclo de producción de las aves) se sitúan en torno a 120 kg para las gallinas ponedoras, 80 kg para los pollos de carne, entre 200 y 350 kg para los pavos (hembras en fase de crecimiento y machos pesados en fase de crecimiento, respectivamente), y 150 kg para los patos” (Collins, E.R., Barker, J.C., Carr, L.E., Brodie, H.L. y Martin, J.H, 1999; Williams, Barker y Sims, 1999).

Así un pollo de carne se beneficia alrededor de los 49 días (Gil, 2018), por lo que se calcula que en el año 2018 se produjo 37 788 880 miles de toneladas de excretas, sin contar la industria de huevos y otras aves. Planteando un gran problema. ¿Qué se hace con toda la excreta que se produce?, pues el residuo que se genera es de alto contenido de nutrientes y materia orgánica, constituyéndose en un gran problema ya que causa contaminación del suelo, contaminación a fuentes cercanas de agua, malos olores que afectan a poblaciones cercanas, siendo perjudicial para las personas, constituyendo un foco para la propagación y multiplicación de organismos patógenos.

Nuestra universidad no es ajena a este problema, en la granja de aves de la Universidad Nacional Agraria La Molina se tiene 1 200 gallinas ponedoras y 200 pollos de granjas, sin contar patos, codornices y pavos que se crían. Toda esta población de aves produce alrededor de 160 kilogramos de excretas al día, dato obtenido por los trabajadores de la granja de aves. Que se acumulan a un lado de los criaderos de aves, sin ningún tratamiento. Por estos motivos

el compostaje es una opción de valorizar la gallinaza, que solucionaría el problema y daría un producto extra para comercializar. Debiendo ser este de forma rápida, eficiente y que no requiera mucho trabajo para los trabajadores de las avícolas.

Por ello que el objetivo principal de este trabajo de investigación es: Evaluar si la utilización de un complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) en la elaboración de compostaje de gallinaza influye en la calidad y disminuye el tiempo de formación del compost, en la granja de aves de la UNALM. Y como objetivos específicos 1) realizar la caracterización inicial de la materia prima del compostaje (rastros vegetal y gallinaza, 2) la evaluación del funcionamiento de los ensayos que se aplicarán, 3) analizar el sistema ARDUINO como apoyo en el compostaje, 4) realizar la caracterización física y química del compost obtenido, para determinar su calidad y compararlas con la norma chilena, austriaca y peruana. Para valorizar este residuo y dar cumplimiento al Decreto Legislativo 1501 que modifica el Decreto Legislativo 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y solucionar todos los problemas ambientales que produce el almacenamiento de gallinaza sin tratamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco normativo

2.1.1 Decreto Legislativo N° 1501

Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, donde en el artículo 37 menciona que la valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos sólidos, considera como operación de valorización al compostaje para residuos sólidos no municipales. Además, en el artículo 103 de la misma ley indica que una actividad de las plantas de valorización de residuos es el compostaje.

2.1.2 Decreto Supremo N° 016-2012-AG

Decreto Supremos que aprueba el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario, donde en el primer inciso del artículo 27 menciona que el compostaje es una opción de valorización para los residuos agrícolas donde estos restos vegetales se usan como estructurantes de aporte de carbono, para el buen funcionamiento del proceso de compostaje, también puede usarse como biocombustibles.

En el inciso uno del artículo 28 indica que los restos como aves desechadas, huevos rotos, huevos no nacidos de las plantas de incubación de aves, pueden ser utilizados como un sustrato para el proceso de compostaje, que en el contexto del proyecto sería una alternativa para la granja. En el inciso dos del mismo artículo nos menciona que la mejor opción de tratamiento para la gallinaza es el compostaje.

2.2 Residuos sólidos

2.2.1 Definición

La definición dada por la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos es “Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse,

para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final”.

Según el artículo N°32 de del Decreto Legislativo 1501 el manejo de los residuos sólidos comprende las siguientes operaciones:

- a) Segregación
- b) Barrido y limpieza de espacios públicos
- c) Recolección selectiva
- d) Transporte
- e) Almacenamiento
- f) Acondicionamiento
- g) Valorización
- h) Transferencia
- i) Tratamiento
- j) Disposición final

2.2.2 Residuos orgánicos

Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Pueden generarse tanto en el ámbito de gestión municipal como en el ámbito de gestión no municipal (Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

2.2.3 Reaprovechamiento de residuos sólido

Según la Ley N°1501 (2020) la definición de reaprovechamiento es “Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización”. Y va de la mano de lo que nos dice la Resolución Ministerial N° 637-2006/MINSA (2016) nos indica que “El reaprovechamiento de los residuos sólidos es de interés y necesidad nacional,

el Estado a través de sus diferentes organismos promoverá la segregación en la FUENTE y la recolección selectiva de los residuos sólidos con fines de reaprovechamiento generando oportunidades de empleo saludables con protección del medio ambiente. El Ministerio de Salud en coordinación con las Municipalidades desarrollará campañas periódicas de sensibilización con el fin de promover en la sociedad una cultura de reaprovechamiento de residuos sólidos” (Art.3).

2.2.4 Abonos orgánicos

La definición de abono orgánico según Román et al. (2013) de la FAO es “el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.”

Según Soto (2004) “Se considera un abono orgánico todo material de origen animal o vegetal que se utilice principalmente para mejorar las características del suelo, como FUENTE de vida y nutrientes al suelo. Entre los abonos orgánicos, los más conocidos son el compost, el bocashi y el lombricompost o lombrihumus, pero también son comúnmente utilizados las aplicaciones de gallinaza y otros desechos vegetales frescos, como la pulpa del café”

Ormeño (2007) indica que son importante los abonos orgánicos porque “La producción y uso de los abonos orgánicos se plantea como una alternativa económica para los pequeños y medianos productores, sin embargo, se debe estandarizar la producción para que la calidad de los mismos se mantenga en el tiempo”

Se puede definir al compost como abono orgánico y que su uso en la agricultura debería ser difundido como una opción económica para pequeño y medianos productores.

2.3 Compostaje

2.3.1 Definición

La definición de compostaje según la NCh 2880 (2004) es “Proceso de tipo microbiológico para el tratamiento de componentes orgánicos basado en procesos de mineralización y transformación de materia orgánica producto en condiciones aeróbicas y termófilas, que tiene una duración mínima de seis semanas. Como resultado de este proceso se genera mayoritariamente compost, dióxido de carbono y agua”

Lo que se complementa con lo dicho por Rynk, (1992) “es un proceso biológico termofílico en donde la materia orgánica es descompuesta por una gran cantidad de microorganismos. Bacterias, hongos, protozoos, ácaros, miriápodos, entre otros organismos aeróbicos, digieren los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples”, donde ocurre la oxidación de la materia orgánica en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. Existiendo dos tipos de organismos principales participando en la descomposición: las bacterias mesofílicas (actúan en humedad y temperaturas medias) y las bacterias termofílicas (actúan en temperaturas mayores a 45°C). El producto final es estable y amigable con el ambiente, a comparación de la materia prima.

Una forma de eliminar residuos biodegradables que pueden contaminar el ambiente y causar enfermedades a las personas; mejorando su calidad, destruyendo patógenos, coliformes y huevos de parásitos y controlando malos olores. Además de entregar un valor a estos desechos que se puede usar y comercializar, como fertilizante del suelo, abono de plantas, alimento de ganado, entre otros usos. Teniendo como producto final el compost.

Sandoval (2006) nos define al compost como “Un abono orgánico que resulta de la descomposición de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal, bajo condiciones controladas, buena aireación, humedad y que necesita pasar por una fase de calor (termofílica).” Su utilización en el suelo es de agregar materia orgánica, y según (Román, Martínez y Pantoja, 2013) dan las siguientes ventajas.

Mejora las propiedades físicas:

- Facilitando el manejo del suelo para las labores de arado o siembra.
- Aumentando la capacidad de retención de la humedad del suelo.
- Reduciendo el riesgo de erosión.
- Ayudando a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica).
- Reduciendo la evaporación del agua y regulando la humedad.
- Mejora las propiedades químicas:
- Aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes.
- Mejorando la capacidad de intercambio de cationes.

Mejora la actividad biológica:

- Aportando organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas.
- Mejorando las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macrofauna (lombrices).

2.3.2 Factores importantes para el compostaje

Estos parámetros según lo recomendado por el Manual de compostaje del agricultor de la FAO son:

Temperatura: El rango óptimo es de 35 a 65°C y este se puede lograr de manera natural. Mientras mayor sea la temperatura la velocidad de descomposición será mayor, en caso ésta baje el proceso durará más tiempo, pues la actividad biológica será menor y en el caso sea muy alta muchos organismos del compostaje morirán.

Humedad: Vinculada a los microorganismos por el movimiento en el suelo de nutrientes y otros elementos esenciales para ellos, lo óptimo es 55 por ciento, pero se acepta una humedad entre el rango de 45 a 60 por ciento. La humedad menor a 45 por ciento, disminuye la actividad microbiana, teniendo menor degradación de la materia orgánica, con el resultado que el producto final no sea estable. Si es mayor al 60 por ciento el agua satura los poros e interferirá la oxigenación del material.

pH: Depende del material de origen y varía desde 4.5 a 8.5 (siendo lo ideal de 5,8 a 7,2), define los organismos que sobreviven en el compost ya que la mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad de hongos se produce a pH 5,5-8,0. Además es un parámetro que puede indicar en qué fase de formación de compost está, pues pH bajos indica que recién está descomponiéndose la materia, pH altos que está la fase termofílica y un pH neutro que ya se está estabilizando el compost.

Oxígeno: Siendo un proceso aeróbico el oxígeno es muy importante, con lo que se debe evitar que baje el 5 por ciento de saturación y siendo el óptimo 10 por ciento. Un exceso de aireación provoca disminución de temperatura y mayor pérdida de la humedad, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua; por el contrario, baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.

Relación C/N: Los dos elementos básicos de la materia orgánica, está en función de las materias primas que conforman el compost, siendo el rango óptimo de 25-35. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una baja relación C/N no afecta el proceso, ya que el nitrógeno se pierde en forma de amoníaco.

En la Tabla 1 podemos ver que en el manual de compostaje de la FAO nos indica algunos valores de C/N aproximados:

Tabla 1: Caracterización de materiales de compostaje según su relación C/N

Alto en Nitrógeno (1:1 -24:1)		Equilibrado (25:1 - 40:1)		Alto en Carbono (41:1 – 1000:1)	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5	Estiércol vacuno		Hierba recién cortada	43
Gallinaza pura	7	Hojas de frijol	25	Hojas de árbol	47
Estiércol porcino	10	Crotolaría	27	Paja de caña de azúcar	49
Desperdicios de cocina	14	Pulpa de café	27	Basura urbana fresca	61
Gallinaza camada	18	Estiércol ovino	29	Cascarilla de arroz	66
		Hojas de plátano	32	Paja de arroz	77
		Restos de hortalizas	37	Hierba seca	81
		Hojas de café	38	Bagazo de caña de azúcar	104
		Restos de poda	44	Mazorca de maíz	117
				Paja de maíz	312
				Aserrín	638

FUENTE: Román, P. 2013

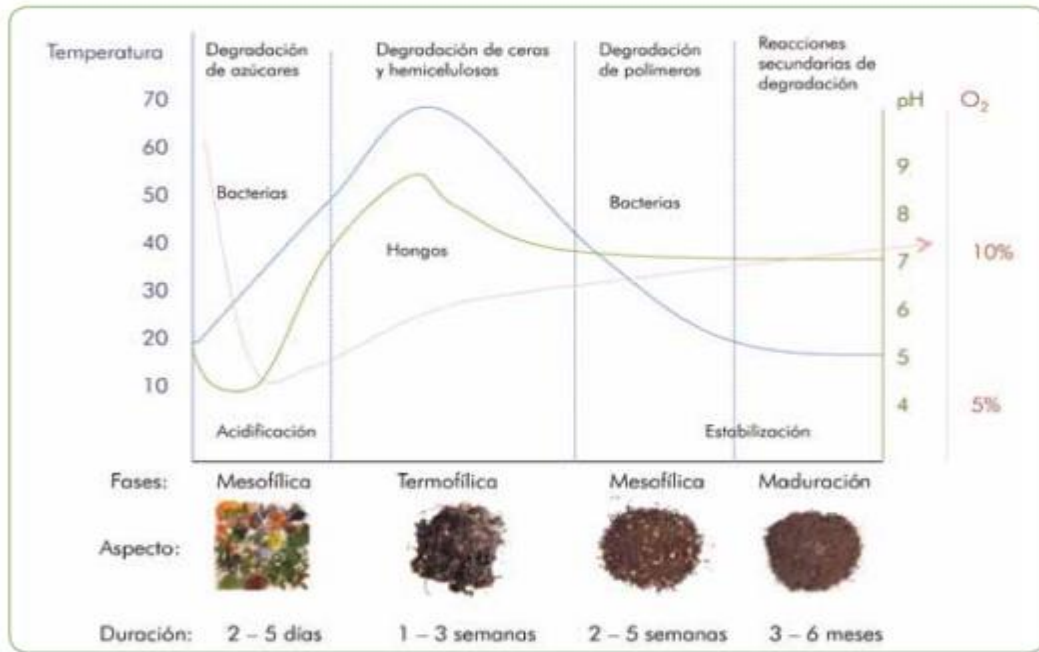


Figura 1: Parámetros que influyen en el proceso de compostaje
FUENTE: Román, Martínez y Pantoja FAO (2013)

2.3.3 Material compostable

Los materiales orgánicos son mayormente biodegradables, que va desde:

- Restos de jardines, cosechas, podas y desperdicios vegetales municipales.
- Estiércol de animales: porcino, vacuno, aves de corral, caprino, equino, ovino y animales menores. Con sus respectivas camas.
- Restos orgánicos de restaurantes y cocinas (incluyendo aceites).
- Restos orgánicos de la industria maderera (aserrín).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón.
- Pelo/lana/plumas de animales.

2.3.4 Fases del compostaje

Román *et al.* (2013) indica que “Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura”. Con lo que

en el compostaje se tiene 4 fases marcadas: Fase mesofílica 1, fase termofílica (higienización), fase mesofílica 2 (enfriamiento) y fase de maduración.

1. Mesofílica: El material inicial comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en un periodo de tiempo corto la temperatura aumenta hasta los 45°C. Esto sucede debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La degradación de compuestos básicos como azúcares, produciendo ácidos orgánicos y bajando el pH (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Dura entre 2 a 8 días, dependiendo la temperatura del ambiente.
2. Termofílica o de higienización: Los organismos mesófilos son reemplazados una vez se alcanza los 45 °C por bacterias termofílicas que actúan en la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina, transforman el nitrógeno a amoníaco y por eso sube el pH, luego al subir a 60°C con lo que se produce esporas y actinobacterias que ayudan en la descomposición de ceras, hemicelulosa y otros compuestos de carbono complejos. Esta fase puede durar días o meses, dependiendo las condiciones ambientales. Por el calor generado también se eliminan los patógenos y bacterias contaminantes de origen fecal.
3. Fase de enfriamiento o mesofílica 2: Una vez agotadas la fuente de carbono y nitrógeno, disminuye la temperatura a 40-45 °C, se sigue con la degradación de polímeros complejos, y aparecen algunos hongos. Retoman su actividad los organismos mesófilos y el pH desciende, dejando el medio ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas.
4. Maduración: Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

2.3.5 Calidad del compost, parámetros a considerar y regulación

La definición de calidad de compost no está muy clara, porque se tiene diferentes normativas a nivel mundial como las legislaciones almenas, canadienses, japonesa, inglesas, entre otras. Las cuales han creado se acreditaciones de calidad de compost: ECN-QAS en Europa, STA en EEUU, RAL en Alemania, BSI PAS 100 en Inglaterra.

Y depende mucho del origen de la materia prima del compostaje, la utilización del compost y la forma de compostaje a usar.

Los aspectos relativos a la calidad del compost pueden abordarse desde una doble perspectiva: legal o agronómica. La evaluación de la calidad dependerá en gran medida del criterio o punto de vista de partida, desde el propio concepto de compost, que admite diferentes definiciones. La calidad del compost no es un concepto absoluto, sino que depende de los usos a que se destine. Puede definirse como “la capacidad o aptitud del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública” (Ansorena, Batalla y Merino, 2014).

Para valorar la calidad de un compost es necesario evaluar detalladamente una serie de parámetros específicos medidos tanto a lo largo del proceso de compostaje como en el producto final, con el fin de establecer la mejor aplicación de dicho compost, ya sea como enmienda orgánica del suelo (mejorador del suelo), sustrato o componente de sustratos de cultivo, u otro tipo de usos o aplicaciones (Masaguer y Benito, 2008)

Para el análisis de la calidad final del compostaje se presentará los valores de los parámetros en la normativa Chilena, Austriaca y Peruana.

Los parámetros que pueden utilizarse para valorar la calidad del compost, así como la información proporcionada por cada uno de ellos, se recogen de las Tablas 2,3 y 4.

Tabla 2: Parámetros a considerar para valorar la calidad de un compost. Normativa Austriaca

Parámetro	Norma	Valor
Físico		
Humedad	Ö-NORM S 2022 y S2200	25-50%
Densidad Aparente	Ö-NORM S 2022 y S2200	< 0,85 kg/litro
Capacidad de retención de agua	Ö-NORM S 2022 y S2200	85 y 120 gramos/100 gramos de MS
Químico		
pH	Ö-NORM S 2022 y S2200	7-8.5
Conductividad eléctrica	O-NORM S2022	<5.0Ms/cm
Nitrógeno Total	NOM- AA-024	≥ 0.8 % de muestra seca ≤0.1% para plantas sensibles al
Fósforo	NOM- AA-024	fósforo
Potasio	NOM- AA-024	No determinado
%MO	Ö-NORM S 2022	≥ 45 %
Carbono orgánico	Ö-NORM S 2022	> 12 % de muestra seca.
C/N	Ö-NORM S 2022 y S2200	35:1 a 20:1
Cadmio	EEC 488/98 Ecolabel	< 1mg/kg
Cobre	EEC 488/98 Ecolabel	< 100mg/kg
Níquel	EEC 488/98 Ecolabel	< 50mg/kg
Plomo	EEC 488/98 Ecolabel	< 100mg/kg
Zinc	EEC 488/98 Ecolabel	< 300mg/kg
Cromo	EEC 488/98 Ecolabel	< 100mg/kg
Mercurio	EEC 488/98 Ecolabel	< 1mg/kg
Arsénico	EEC 488/98 Ecolabel	< 10mg/kg
Microbiológico		
Coliformes totales	Sayden and Eder (2014).	Ausente
Coliformes fecales	Sayden and Eder (2014).	Ausente
Escherichia Coli	Sayden and Eder (2014).	Si sale positivo se recomienda su remediación
Salmonella	Sayden and Eder (2014).	Ausente
Shigella	Sayden and Eder (2014).	Ausente
Análisis complementarios -Madurez del compost		
Prueba de germinación	Federal Government of Germany (2001)	≤ 80%
AT4-mgO ₂ /MS	Federal Government of Germany (2001)	≤ 7

FUENTE: Neyra 2016

Tabla 3: Parámetros a considerar para valorar la calidad de un compost. Normativa Chilena

Parámetro	Clase A	Clase B	Compost Inmaduro
Orgánicos			
Coliformes fecales (NMP)	<1000	<1000	<1000
Salmonella sp (NMP)	< 3 en 4g de compost seco	< 3 en 4g de compost seco	< 3 en 4g de compost seco
Huevos de helmintos	< 1 en 1g de compost seco	< 1 en 1g de compost seco	< 1 en 1g de compost seco
Olores	No presentar olor fuerte (compuesto de sulfuros, mercaptanos, gases TRS)	No presentar olor fuerte (compuesto de sulfuros, mercaptanos, gases TRS)	No presentar olor fuerte (compuesto de sulfuros, mercaptanos, gases TRS)
Físicos			
Humedad	>30%	>30%	>30%
Conductividad eléctrica	<5 (dS/m)	5-12 (dS/m)	-
Químicos			
Arsénico	15 (mg/kg) base seca	15 (mg/kg) base seca	15 (mg/kg) base seca
Cadmio	2 (mg/kg) base seca	2 (mg/kg) base seca	2 (mg/kg) base seca
Cobre	100 (mg/kg) base seca	100 (mg/kg) base seca	100 (mg/kg) base seca
Mercurio	1 (mg/kg) base seca	1 (mg/kg) base seca	1 (mg/kg) base seca
Molibdeno	2 (mg/kg) base seca	2 (mg/kg) base seca	2 (mg/kg) base seca
Níquel	20 (mg/kg) base seca	20 (mg/kg) base seca	20 (mg/kg) base seca
Plomo	100 (mg/kg) base seca	100 (mg/kg) base seca	100 (mg/kg) base seca
Zinc	200 (mg/kg) base seca	200 (mg/kg) base seca	200 (mg/kg) base seca
C/N	10 a 25	10 a 40	Máximo 50
pH	7-8.5	6.5-8.5	6-8.5
Materia Orgánica	>45%	>25%	>25%

FUENTE: Elaboración propia con los datos de la Norma Chilena 2880

Tabla 4: Parámetros a considerar de Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Norma Peruana.

Indicaciones relacionadas con la obtención y los componentes principales	Parámetros a caracterizar (Criterios de clasificación del producto)	Parámetros a garantizar (en base húmeda)
<p>Producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos de animales, vegetales o residuos sólidos urbano separados en la FUENTE o mezcla de los anteriores, que contienen porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como carbono orgánico oxidable total y los parámetros que se indican.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdidas por volatilización %* - Cenizas (%) máximo 60 %* - Humedad (%) para materiales de origen: * <ul style="list-style-type: none"> * Animal Máximo 20 % *Vegetal, máximo 30 % * En mezclas el contenido de humedad deberá ponderarse en proporción a la mezcla - Carbono orgánico oxidable total, mínimo 15 % - N, P₂O₅, K₂O, totales (reportarlos si cada uno es > 1 %) - Silicio total expresado como SiO₂, máximo:50% del contenido de cenizas - Relación C/N - Intercambio Catiónico, mínimo 30 cmol(+)/kg -1 (meq/100g) - Capacidad de retención de humedad, mínimo su propio peso - pH: > 4 y < 9 - Densidad real máxima (en base seca) 0,6 g/cm³ - Límites máximos en mg/kg (ppm) de los metales pesados expresados a continuación: <ul style="list-style-type: none"> *Arsénico (As) 41 *Cadmio (Cd) 39 *Cromo (Cr) 1 200 *Mercurio (Hg) 17 *Níquel (Ni) 420 *Plomo (Pb) 300 - Se debe indicar la materia prima de la cual procede el producto - *La suma de estos parámetros debe ser 100. 	<ul style="list-style-type: none"> - Carbono orgánico oxidable total (%C) - Humedad (%) - Cenizas (%) - Capacidad de Intercambio Catiónico, cmol(+)/kg-1 (meq/100g) - Capacidad de retención de humedad (%) - pH - Nitrógeno total (%N) (si el contenido es > 1%) - Densidad (g/cm³) - Metales pesados(mg/kg) - Contenido de silicio total como SiO₂ - Fósforo total (%P₂O₅) (si el contenido es > de 1 %) - Potasio total (K₂O) (si el contenido es > de 1 %)

FUENTE: NTP 311.557

2.4 Gallinaza

2.4.1 Definición

La definición de gallinaza según el DS N°016-2012-AG en el numeral 28.1 es de “deyecciones de aves de corral”. Lo que se complementa con “La gallinaza es la mezcla de heces y orina que se obtiene de la gallina enjaulada o de piso (Estrada, 2005); a esta se une la porción no digerible de alimentos, microorganismos de la biota intestinal, plumas y huevos rotos (Carhuancho, 2012). Pero esta gallinaza puede cambiar por varios aspectos, teniendo en cuenta lo que dice Córdova, (2015) de que “La cantidad de gallinaza excretada y las características de la gallinaza dependen de la especie, la edad, la dieta y la salud de las aves, así como de las prácticas de gestión agrícola que se apliquen antes y durante el manejo de la misma”

2.4.2 Composición de la gallinaza

La composición depende de varios factores que como explica Córdova (2015) mencionando que “Las deyecciones recién excretadas tienen unas características muy uniformes, puesto que depende de la fisiología del animal y muy poco de los factores ambientales. El factor más determinante en la producción y composición de la gallinaza es sin duda el tipo de alimento utilizado. El tipo de cama empleado y el sistema de abrevadero, que también afectan a la cantidad y calidad de la gallinaza.” En los estudios de Estrada (2005) y Trujillo (2019), podemos ver características de diferentes tipos de gallinaza que se presentarán en la Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5: Caracterización de los residuos avícolas de análisis elemental

Biomasa	%C	%N	C/N	Ceniza (%)	Humedad (%)	pH
Gallinaza (GG)	17.61	1.9	9.27	62.8	10.63	8.62
Pollinaza (PO)	24.53	2.48	9.89	25.19	18.84	8.74
GG-PP	16	2.37	6.75	37.38	15.44	8.51

FUENTE: Trujillo, Valencia, Alegría, Alejandrina y Césare, 2019

Tabla 6: Características de diferentes tipos de gallinaza

Parámetros	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso	Pollinaza
pH	9	8	9.5 +- 0.02
Conductividad (mS/cm)	6.9	1.6	4.1 +- 0.1
Humedad %	57.8	34.8	25.8 +- 0.2
Cenizas %	23.7	14	39 +- 3
Potasio K ₂ O%	1.9	0.89	2.1 +- 0.1
Carbón Orgánico %	19.8	24.4	23 +- 5
Materia Orgánico %	34.1	42.1	39.6 +- 8
Nitrógeno %	3.2	2.02	2.3 +- 0.2
C/N	6.2	12.1	10
Fósforo P ₂ O ₅	7.39	3.6	4.6 +- 0.2
Microorganismos	18x10 ⁶ u.f.c./g		
6x10 ⁶ mohos/g	8x10 ⁶ u.f.c./g		
CIC (meq/100 g muestra)	58.2	77	-
CIC (meq/100 g M.O)	226	138	125
Liposolubles %	3	0.96	-
Retención de agua (ml/g muestra)	1.39	0.86	-
Contenido de hidrosolubles %	4.1	5.5	-
Densidad aparente (g/cc)	0.57	0.27	-

FUENTE: Estrada, 2005

2.4.3 Usos de la gallinaza

Los usos que se pueden dar a la gallinaza son como alimento animal, abono orgánico y producción de energía:

- a) Alimento animal: “el valor nutritivo de la gallinaza es mayor que el de otras heces de animales, ya que son especialmente ricos en proteínas y minerales, debido a que las gallinas asimilan entre un 30 por ciento y un 40 por ciento de los nutrientes con los que se los alimenta, por lo cual en su estiércol se encuentra ese 60 por ciento o 70 por ciento de nutrientes no asimilados por el ave. Así también, el alto contenido en fibra de las camas y nitrógeno no proteico (Nnp) de las heces de aves, establece que los rumiantes se consideren los más indicados para su consumo” Pérez, M. Villegas, R., 2009, citado por Córdova (2015). Pero este estiércol se usa como complemento, pues en estado puro no es aceptado por los animales. Se agrega para reemplazar entre el 15 por ciento al 30 por ciento del alimento del ganado.
- b) Abono orgánico: Usado desde tiempos muy antiguo como abono para el suelo, funcionando efectivamente si se tiene un buen manejo y gestión, pero si pasa lo contrario este producto puede ser de alta contaminación para el ambiente en especial para el suelo y el agua, además de producir malos olores y ser focos de patógenos.

Córdova (2015) menciona sobre la aplicación que “La aplicación sobre el terreno deberá basarse en la captación agronómica de los cultivos receptores, el análisis preciso de los nutrientes contenidos en los abonos (en particular, nitrógeno, fósforo, cobre y zinc) y unos métodos de aplicación convenientemente calibrados; deberá evitarse cuando el terreno esté congelado o excesivamente húmedo”.

- c) Producción de energía: “La descomposición de la gallinaza en biodigestores desprende biogás, que es un producto compuesto de metano (50- 80 por ciento), de dióxido de carbono (20-50 por ciento) y de otros gases como H₂, H₂O, NH₃ (1- 5 por ciento)
- d) El biogás también puede ser aprovechado como biocombustible, ya que su poder calorífico oscila entre 5.000 y 6.000 kcal/m³ en función del contenido de metano”. (Córdova, 2015).

2.4.4 Características de la granja de aves de la UNALM

En la Tabla 6 podemos ver que Carhuancho (2012) encontró los siguientes resultados en los análisis fisicoquímicos de las muestras de gallinaza de jaula y gallinaza de piso:

Tabla 7: Resultados de parámetros de la gallinaza de la granja de aves de la UNALM

Parámetro	Gallinaza de jaula	Gallinaza de piso
pH	6.45	6.38
Conductividad (dS/m)	18.3	14.6
Humedad (%)	60.88	26.08
Sólidos totales (%)	31.37	93.12
Materia orgánica (%)	54.66	66.72
Carbón orgánico (%)	31.71	38.7
Nitrógeno (%)	3.24	3.37
Relación C/N	9.79	11.48
Potasio (K ₂ O%)	3.14	2.89
Fósforo (P ₂ O ₅ %)	4.77	4.94

FUENTE: Carhuancho (2012)

2.5 Pilas de compostaje

Es un método de compostaje que maneja grandes cantidades de residuos orgánicos. Trata de hacer montones o pilas con la mezcla de materia orgánica a utilizar y la alternancia de capas de distinto material con el fin de conseguir una adecuada relación C:N (30:1) y el control de temperaturas y humedad. (Román *et al.*, 2013)

Las fases para el armado de pilas son las siguientes según el Manual de compostaje del agricultor:

Elección del área y nivelación: Esta elección se hace en función de: condiciones climáticas, distancia al área de producción de residuos, distancia al área donde se aplicará el compost final y pendiente del terreno. Es preferible un área protegida de vientos fuertes, a prudente distancia de nacimientos de agua (más de 50 metros) para evitar contaminaciones, y de poca pendiente ($< 4\%$) para evitar problemas de lixiviados y erosión.

Picado del material y amontonamiento: El material a compostar se pica manual o mecánicamente de preferencia en fragmentos de 10-15 cm. Se toma normalmente como unidad de tiempo la semana para amontonar material en una misma pila, antes que empiece la fase termofílica o de higienización, y así evitar la re-contaminación del material con material fresco.

Volteo: Normalmente, se hace un volteo semanal durante las 3 a 4 primeras semanas, y luego pasa a ser un volteo quincenal. Esto depende de las condiciones climáticas y de la humedad y aspecto del material que se está compostando. Se debe hacer un control de aspecto visual, olor y temperatura para decidir cuándo hacer el volteo (véase punto siguiente, control de temperatura, humedad y pH).

2.6 Calidad de agua en la UNALM

El utilizado para riego es el del Pozo Chino 2. En la Tabla 7 se puede observar sus parámetros físico, químico y biológico:

2.7 Parámetros de la materia prima del compostaje

Un compostaje adecuado debe tener materia prima adecuada y la mezcla tiene que cumplir algunos parámetros iniciales para que el compostaje sea ideal, en la Tabla 8 vemos cuáles son los rangos óptimos los parámetros básicos de todo compost.

Tabla 8: Resultados de análisis de agua para consumo humano de la UNALM

Parámetros Evaluados	Laboratorio de Agua, Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego	Corporación laboratorios ambientales del Perú S.A.C - CORPLAB	Parámetros de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano
PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS			
Turbiedad	1.49 NTU	1 NTU	5 NTU
Sólidos Totales	2779.5 mg/L	2264 mg/L	1000 mg/L
Hierro	0.29 mg/L	0.192 mg/L	0.3 mg/L
Plomo	0 mg/L	<0.0001 mg/L	1000 mg/L
Cobre	<0.035 mg/L	0.0008 mg/L	2 mg/L
Cadmio	0.01 mg/L	<0.00003 mg/L	0.003 mg/L
Manganeso	<0.03 mg/L	0.00015 mg/L	0.4 mg/L
Zinc	0.01 mg/L	<0.003 mg/L	3 mg/L
Boro	0.32 mg/L	0.3686 mg/L	1.5 mg/L
Magnesio	59.28 mg/L	57.74 mg/L	-
Sulfatos	707.16 mg/L	605.9 mg/L	250 mg/L
Cloruros	753.36 mg/L	679.1 mg/L	250 mg/L
Dureza Total	1119.23 mg/CaCO ₃ /L	1108 mg/CaCO ₃ /L	500 mg/CaCO ₃ /L
Alcalinidad Total	65.38 mg/CaCO ₃ /L	-	-
pH	7.52	7.42	6.5 - 8.5
Nitratos	14.79 mg/L	15.93mg/L	50 mg/L
Sodio	350 mg/L	297.7 mg/L	200 mg/L
Conductividad	3610 uS/cm	3611 uS/cm	1500 uS/cm
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Bacterias Heterotróficas	-	< 1 NMP/100mL	500 UFC/mL
Coliformes Fecales	-	< 1.8 NMP/100mL	0 UFC/mL
Coliformes Totales	-	< 1.8 NMP/100mL	0 UFC/mL
Echerichia coli	-	< 1.8 NMP/100mL	0 UFC/mL
Huevos y larvas de helmintos	-	< 1 NMP/100mL	0 N° org/L
Virus	-	<1	1 N° org/L

FUENTE: Tabla 10, Vásquez (2018)

Tabla 9: Rango ideal para el comienzo del compostaje

Parámetro	Rango ideal al comienzo del compostaje
C:N	25:1 - 35:1
Humedad	50% - 60%
Concentración de oxígeno	10%
Tamaño de partículas	<25 cm
pH	6.5 – 8
Temperatura	45 – 60 °C
Densidad	250-400 kg/cm ³
Materia Orgánica (Base seca)	50% - 70%
Nitrógeno total (Base seca)	2.5% - 3%

FUENTE: Román *et al.* (2013)

2.8 Complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN)

Laich (2011) nos indica que “Durante el proceso de compostaje se lleva a cabo una compleja sucesión de poblaciones de microorganismos, así como una amplia diversidad de microorganismos mesófilos y termófilos que conforman las poblaciones mixtas que degradan la materia orgánica, siendo las más importantes los actinomicetos, hongos filamentosos y bacterias. El tipo de sustrato utilizado, la población del microbiota inicial y la evolución de la temperatura, son los factores principales que condicionan la sucesión de microorganismos y ayuda a la descomposición de la materia orgánica”. Donde las más importantes son las bacterias, actinomicetos y hongos filamentosos

Para este proyecto se usará la siguiente mezcla de microorganismos ACF-SR (AQUA CLEAN), que se observan en la Tabla 9, como microbiota inicial para acelerar el compostaje y así analizar su eficiencia.

Tabla 10: Ingredientes de complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN)

Especies de bacterias	Función	UFC/ml
<i>Rhodopseudomonas palustri</i>	Fijador de nitrógeno/degradador orgánico	>1x10 ⁶
<i>Bacillus subtilis</i>	Degradador orgánico/enzima de incremento de producción	>0.5x10 ⁶
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Degradador de complejo orgánico/temperatura y salinidad tolerante	>0.5x10 ⁶
<i>Bacillus licheniformis</i>	Degradador de celulosa/desnitrificador	>0.5x10 ⁶
<i>Nitrosomonas europaea</i>	Oxida amonio a nitrito	>0.5x10 ⁶
<i>Nitrobacter winogradskyi</i>	Oxida nitrito a nitrato	>0.5x10 ⁶

FUENTE: Empresa AQUA CLEAN

Así el complejo microbiano tiene la composición siguiente:

- complejo de bacterias representa el 1 por ciento
- Agua representa 98.9 por ciento
- Residuos orgánicos <0.06 por ciento
- Residuos inorgánicos < 0.04

2.9 Sistema automatizado

“El sistema automatizado arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos” (SiFUENTES, 2018). Los equipos y sensores a utilizar son los siguientes:

- Arduino Mega 2560 “es una tarjeta de desarrollo de Hardware libre construida con el microcontrolador Atmega 2560, tiene 54 pines de entrada/salida, de los cuales exactamente 14 de ellos pueden ser utilizados como salidas de PWM (Modulación por ancho de pulso), cuenta con otras 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos serial)” (Página Oficial Arduino Chile).
- Adaptador y tarjeta MicroSD que son los equipos para guardar y almacenar los datos recolectados por los sensores y procesados por el microprocesador Mega 2560.
- “El DS18B20 es un sensor de temperaturas fabricado por la compañía Maxim Integrated. Proporciona la salida mediante un bus de comunicación digital que puede ser leído con las entradas digitales de Arduino. Es un sensor económico, sin embargo, bastante avanzado. Dispone de un rango amplio de medición de -55°C a +125°C y una precisión superior a $\pm 0.5^\circ\text{C}$ en el rango -10°C de $+85^\circ\text{C}$ ” (Maxim Integrated, 2019).
- El higrómetro de suelo FC-28 es un sensor que mide la humedad del suelo. Son ampliamente empleados en sistemas automáticos de riego para detectar cuando es necesario activar el sistema de bombeo. El FC-28 es un sensor sencillo que mide la humedad del suelo por la variación de su conductividad. Los valores obtenidos van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en el aire (o en un suelo muy seco). Un suelo ligeramente húmedo daría valores típicos de 600-700. Un suelo seco tendrá valores de 800-1023. (Naylam Mechanotrics, 2019)

2.10 Estudios de casos

A continuación, mostrare algunos estudios de casos, donde se han usado microorganismos para la producción de compost:

2.10.1 Primer estudio de caso

“Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapllanga-Huancayo”

2.10.1.1 Factores de Estudio

Las pilas del estudio de Rafael Ávila (2015) es de una mezcla de residuos de avícola, camal y mercado, donde se usó dos tipos de factores:

Factor A: Tipo de proceso de producción

Compostaje Tradicional (a1) y Compostaje Mecanizado (a2)

Factor B: Dosis del Producto Microorganismos Eficaces (EM):

0 % EM (b1), 5 % EM (b2) y 10 % EM (b3)

Mezclando los factores A x B, nos presenta seis tipos de prueba:

Teniendo las siguientes claves:

- RME-MMA:
Compost de la mezcla con proceso mecanizado y dosificación máxima (10 %)
- RME-MMI:
Compost de la mezcla con proceso mecanizado y dosificación mínima (5 %)
- RME-MTO:
Compost de la mezcla con proceso mecanizado sin dosificación (0 %)
- RME-TMA:
Compost de la mezcla con proceso tradicional y dosificación máxima (10 %)
- RME-TMI:
Compost de la mezcla con proceso tradicional y dosificación mínima (5 %)
- RME-TTO:
Compost de la mezcla con proceso tradicional sin dosificación (0 %)
- pH inicial: 7.61

2.10.1.2 Resultados

a) Temperatura: Para esta variable los datos que se registraron cada 02 días.

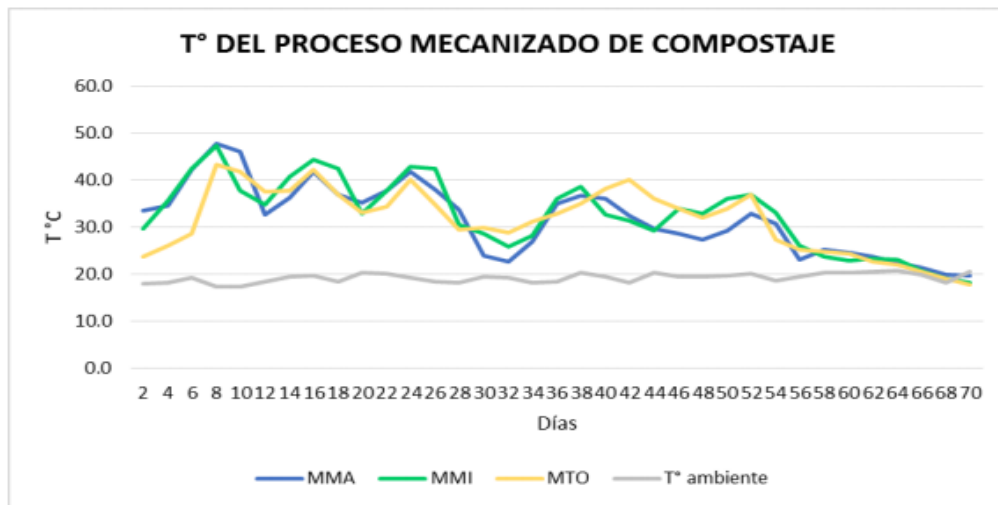


Figura 2: Temperatura del proceso mecanizado (Ávila)
FUENTE: Ávila, 2015-Figura 9

En esta gráfica se ve el proceso de temperatura durante el compostaje mecanizado, donde se ve el flujo de la temperatura y se puede suponer que la disminución de la temperatura es por los volteos. Y además las diferentes dosificaciones de inoculación no se refleja en el tiempo de compostaje.

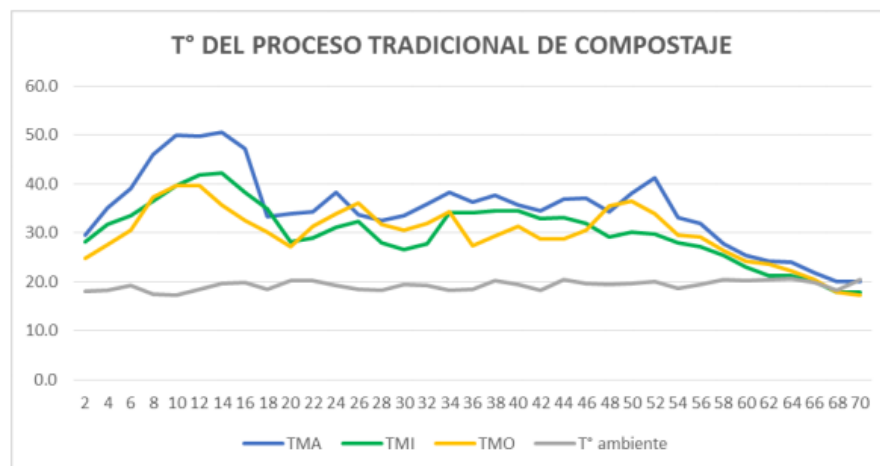


Figura 3: Temperatura del proceso tradicional (Ávila)
FUENTE: Ávila, 2015-Figura 10

En esta gráfica se ve el proceso de temperatura durante el compostaje tradicional, donde se ve el flujo de la temperatura y se puede suponer que la disminución de la temperatura es por los volteos. Y además la inoculación de 10 por ciento refleja una mayor temperatura en el compost durante todas las etapas.

b) pH: Para esta variable los datos se registraron cada 4 días

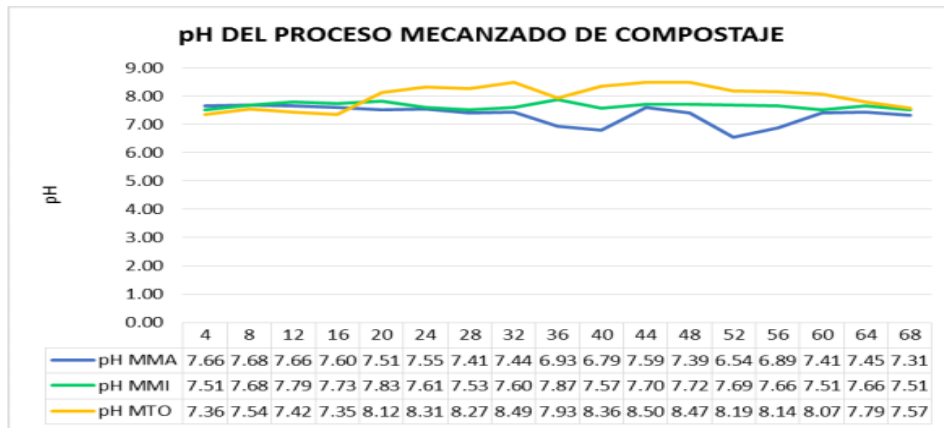


Figura 4: pH del proceso mecanizado (Ávila)

FUENTE: Ávila, 2015-Figura 19

En esta gráfica se ve el proceso del pH durante el compostaje mecanizado, donde se ve el flujo del pH y donde el aumento se da durante la etapa termofílica. Y además la inoculación de 10 por ciento es el de menor pH y la de 5 por ciento de mayor pH durante el proceso.

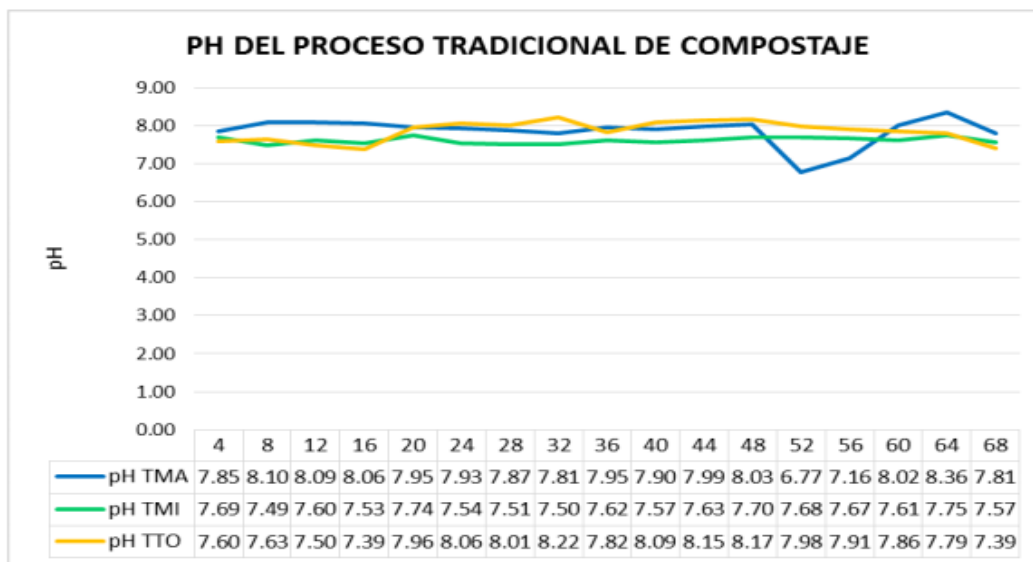


Figura 5: pH del proceso tradicional (Ávila)

FUENTE: Ávila, 2015-Figura 20

En esta gráfica se ve el proceso del pH durante el compostaje tradicional, donde se ve el flujo del pH y donde casi se mantiene constante. Y además la prueba sin inoculación es la de menor pH y la de 5 por ciento de mayor pH durante el proceso.

2.10.2 Segundo estudio de caso

“Co-compostaje de gallinaza proveniente de la granja avícola Fernandita de la ciudad de Riobamba”

2.10.2.1 Factores.

Los tratamientos tuvieron una relación C/N de (20,25; 15,68; 17,52) para las pilas 1, 2 y 3 respectivamente y el bidón 15,18.

Los pesos de los cuatro tratamientos fueron:

Pila 1: 305 Kg de Gallinaza + 40 Kg de poda

Pila 2: 370 Kg de gallinaza + 85 Kg de poda

Pila 3: 310 Kg de gallinaza + 25 Kg de poda + 25 Kg de césped

Tratamiento (Bidón): 65 Kg de gallinaza + 20 Kg de césped

2.10.2.2 Resultados

a) Temperatura: La medición de los datos de temperatura se realizó tres veces por semana.

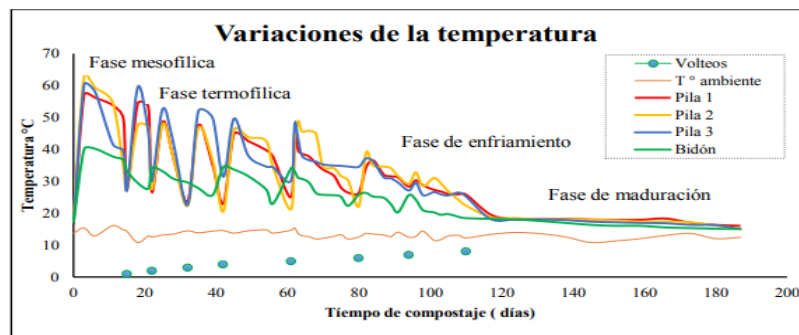


Figura 6: Variación de temperatura durante el compostaje (Auquilla)

FUENTE: Gráfico 1-3, Auquilla, E. 2019

En esta gráfica se ve la variación de temperatura durante todo el compostaje y como aumenta y sube gracias al volteo de estas, se nota con claridad las etapas del compostaje y que el comportamiento entre pilas es parecido, mas no la temperatura que alcanzan.

b) pH

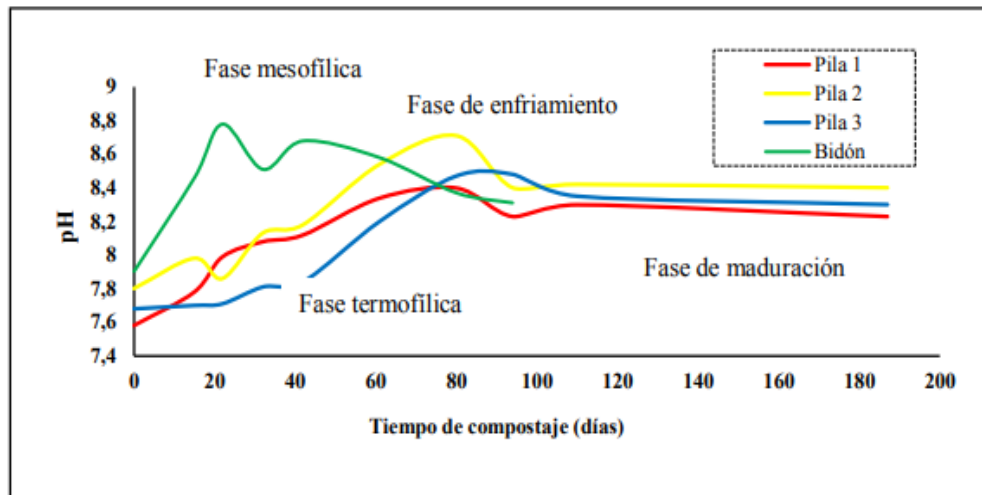


Figura 7: Variación de pH durante el compostaje (Auquilla)

FUENTE: Gráfico 2-3, Auquilla, E. 2019

En esta gráfica se ve la variación de pH durante todo el compostaje y varía durante las etapas del compostaje y una diferencia en el pH entre filas.

Tabla 11: Factores de los tratamientos (Córdoba)

Consideraciones Generales del Diseño de las Pilas de Compostaje			
Consideraciones	Pilares de Compostaje		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
	Proceso Convencional	Convencional + Em	Nueva Alternativa
Largo	2 m	2 m	2 m
Ancho	0.9 m	0.9 m	0.9 m
Altura	0.8 m	0.8 m	0.8 m
Materiales a Compostar	1° Capa: Tierra Orgánica	1° Capa: Tierra Orgánica	1° Capa: Tierra Orgánica
	2° Capa: Estiércol de ganado camélido	2° Capa: Estiércol de ganado camélido	2° Capa: Estiércol de ganado camélido
	3° Capa: Residuos Sólidos Orgánicos	3° Capa: Residuos Sólidos Orgánicos	3° Capa: Residuos Sólidos Orgánicos
	4° Capa: Estiércol de ganado camélido	4° Capa: Estiércol de ganado camélido	4° Capa: Tierra Orgánica
		Inoculante: Microorganismos Eficientes EM	Inoculante: Microorganismos Eficientes EM

FUENTE: Figura N°38 Córdoba (2016)

2.10.3 Tercer estudio de caso

“Propuesta de mejora del proceso de compostaje de los residuos orgánicos, generados en la actividad minera, empleando microorganismos eficientes Unidad Minera del Sur”

2.10.3.1 Factores

Las consideraciones generales del diseño e implementación de las pilas de compostaje se muestran en la Tabla 15.

2.10.3.2 Resultados

a) Temperatura

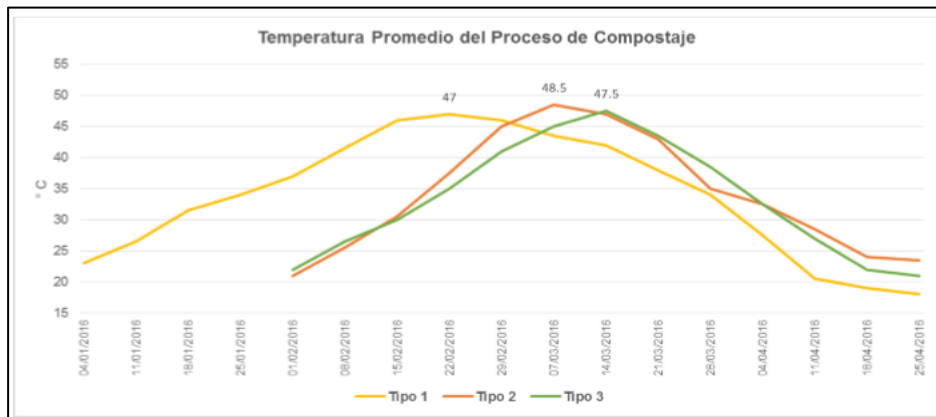


Figura 8: Variación de Temperatura durante el compostaje (Córdoba)
FUENTE: Figura N°40, Córdoba (2016)

Esta gráfica es de la temperatura promedio del compostaje hasta antes de la etapa de maduración duró entre 88 a 94 días. Se nota que el pico de temperatura de cada tipo alcanza su pico máximo en diferente tiempo.

El compostaje hasta antes de la etapa de maduración duró entre 88 a 94 días.

b) pH

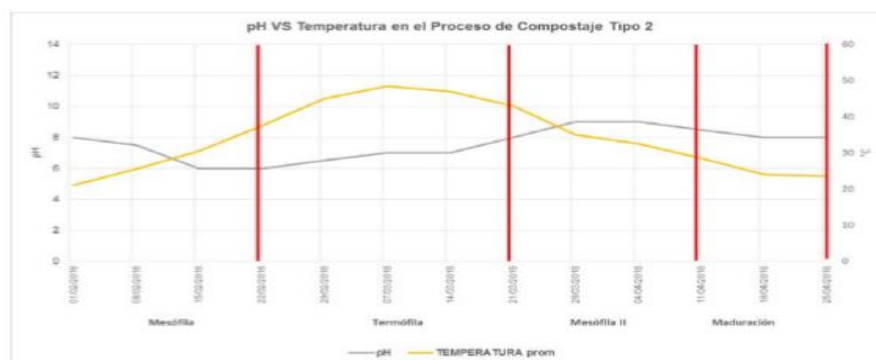


Figura 9: Variación de pH y temperatura durante el compostaje tipo 2 (Córdoba)
FUENTE: Figura N°45, Córdoba (2016)

Esta gráfica es de la temperatura y pH del compostaje hasta antes de la etapa de maduración duró entre 88 a 94 días de la pila que tiene la inoculación de bacterias.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El área donde se llevó a cabo el proyecto fue en la granja de aves de la UNALM (Universidad Nacional Agraria la Molina) que tiene alrededor entre 4 a 5 hectáreas, debido al amplio espacio brindado y por tener cerca uno de los elementos esenciales para la investigación, que es la gallinaza. Donde durante la investigación se tuvo una fluctuación de temperatura entre 12.5 a 27.5 °C y un promedio de humedad relativa de 80 por ciento. La precipitación durante toda la investigación fue de 7 mm (datos de la estación meteorológica Von Humbolt).

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Equipos:

- Potenciómetro.
- Termómetro digital
- Bombas de aire de 4 L/min
- Laptop.
- Sensores de humedad (FC-28)
- Sensor de temperatura (DS18B20)
- Arduino Mega+ Cable
- Cauterizador
- Multímetro
- Compresor de aire caliente

3.2.2 Materiales:

- 4.5 toneladas de gallinaza.
- 6 toneladas de rastrojo.
- Rollo de manga plástica doble de 2m de ancho.
- 2 palas.
- 1 rastrillo.

- 15 metros de manguera.
- 14 costales de 50 kg
- 1 carretilla
- 1 inyección
- 1 mochila de fumigación
- Resistencias de 4.7 kh
- Cargador de 9V y 1A
- Adaptador MicroSD
- MicroSD 8GB
- 50 metros de cable telefónico de 4 hilos
- Cable de Estaño
- Cera para Cauterizar
- Alicata
- Jebe retráctil
- Soporte universal
- Bureta de 50mL.
- Matraces de 300 mL y 100 mL
- Tapones de jebe con 2 perforaciones
- Vasos de precipitados de 300 ml
- Probetas de plástico de 100 mL y 1000 mL
- Baguetas (varilla de agitación) de vidrio
- Mangueras de silicona
- Sacos

3.2.3 Reactivos

- Compuesto microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN)

3.3 Metodología

A continuación, se describen las actividades que se realizaron para el cumplimiento de los objetivos de la presente tesis.

3.3.1 Caracterización de la gallinaza y rastrojo vegetal.

Se recogió una muestra compuesta de gallinaza de todos los residuos de las camas de excrementos que se almacenan en la zona de la Granja de aves de la Universidad Nacional Agraria la Molina, priorizando los residuos más frescos. La muestra compuesta comprendía en 5 sub muestras frescas de 1 kilogramo. Las cuales se juntaron y mezclaron en un costal. Luego se realizó el método B del cuarteo (AASHTO T 248, 2014).

La muestra de rastrojo vegetal se recogió de manera puntual de las podas reunidas y almacenadas en la granja de aves de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Esta muestra se recogió luego de los dos días de almacenamiento de rastrojo vegetal.

3.3.2 Armado de Central Arduino

El armado de todo la central Arduino se hizo con la guía de los especialistas de Laboratorio del “Tech Experience Lab” de la UNALM, ubicado en la sala de prototipada de la Biblioteca Agrícola Nacional.

a) Separación de cables de línea de teléfono.

Con ayuda de un alicata se separó cada una de las cuatro líneas del cable de teléfono, para obtener 4 cables de 50 metros y que se usaron durante todo el armado del Central Arduino.

b) Preparación de sensores de humedad FC-28:

Los Sensores FC-28 tenían 30 cm de largo y se necesitaba por lo menos 1.2 m, por lo que a todos los sensores se les cortó el cable por la parte superior y se instaló 90 cm de cable de teléfono con ayuda del cauterizador y el cable de estaño. Luego en la unión se puso plástico retráctil y se calentó con una compresora de aire caliente para que la unión quede protegida. Y por último se protegió la cabecera del sensor con cable retráctil y cera. Esto se hizo con los 14 sensores FC-28. El sensor de temperatura (DS18B20), no se le realizó ninguna modificación, ya que el largo era de 1.2 m.

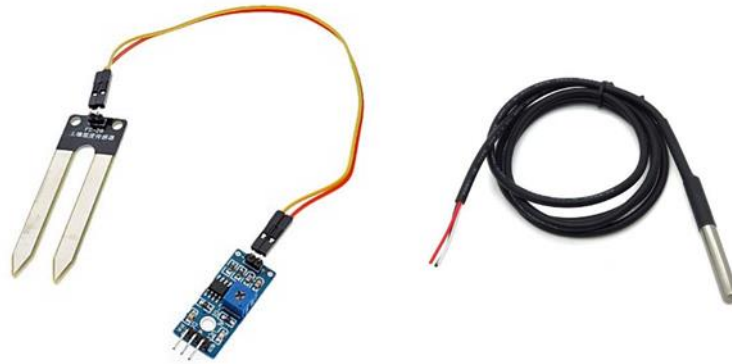


Figura 10: Sensores FC-28

c) Instalación de sensores.

Los dos tipos de sensores (FC-28 y DS18B20) tenían tres conexiones: La Data, Positivo y Negativo. La data es por donde se transporta la información que mide el sensor; y las conexiones Positivo/Negativo es para la corriente eléctrica que tendrá la central Arduino.

Los sensores se dividieron en tres grupos del 1 al 6, 7 y 8; y por último de 9 al 14 (Ver la figura 15). La distancia de la central a los sensores más extremos es de 7.5 metros, a los sensores de medio de 5 metros, los sensores cercanos de 2,5 metros y los últimos sensores al nivel de la central Arduino. Los grupos de sensores de 1 al 6 y 9 al 14 tenían un cable guía donde se conectaron los cables positivo y negativo haciendo cortes en esta línea guía y conectándolos otra vez con ayuda del cauterizador y cable de estaño. Luego se protegió con el jebe retráctil y calentado con el compresor de aire. El tercer grupo de sensores (7 y 8) la conexión de energía se hace a través de líneas de cable individuales.

Para la conexión de datos de los sensores (Humedad y temperatura), se hizo a través de cables individuales debidamente rotulados. La distancia que hubo del cable guía a los sensores es de 1.5 metros.

En total por cada biopila se tenía seis cables: dos cables data (temperatura y humedad) y cuatro cables de energía eléctrica, dos positivos y dos negativos. Y a la central por los grupos de 1 al 6 y 9 al 14 llegaban un cable positivo, un cable negativo, 6 cables de data temperatura y 6 cables de data humedad. Y de los sensores 7 y 8, cuatro cables, los dos de data, positivo y negativo.

d) Conexión en la Central Arduino.

Se hizo dos tipos de conexiones a la Central Arduino Mega.

- 14 conexiones digitales de los sensores de temperatura.
- 14 conexiones analógicas de los sensores de humedad.

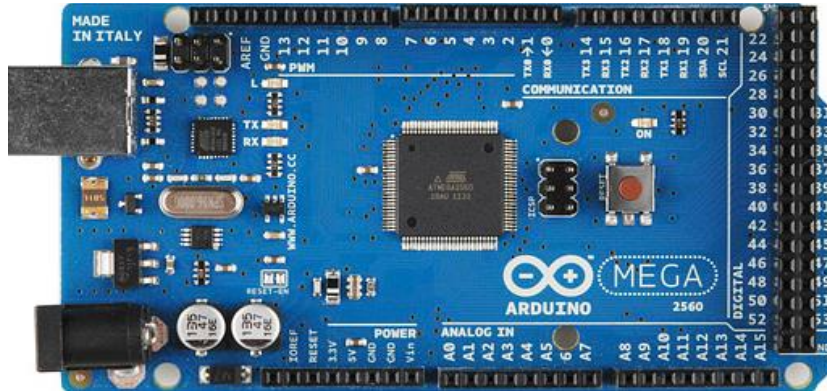


Figura 11: Instalación de sensores

FUENTE: Kurniawan. Arduino Mega 2560. A Hands-on Guide for Beginner. (2012)

Las conexiones de humedad se hicieron desde el A0 al A13. Las conexiones de temperatura se hicieron desde el 22 al 35. Además, se hicieron las conexiones de electricidad: el cable positivo (Unión de todos los cables positivos de los sensores) se conectó a 5V y el cable negativo (Unión de todos los cables negativos de los sensores) se conectó a GND.



Figura 12: Instalación de termistor DS18B20

e) Conexión de memoria Micro SD.

La instalación del adaptador Micro SD para la toma de datos se hizo con ayuda del cauterizador y el cable de estaño. Las conexiones que se hicieron son:

- 5V a 5V (positivo)
- CS a 53
- MOSI a 51
- SCK a 52
- MISO a 50
- GND a GND (negativo)

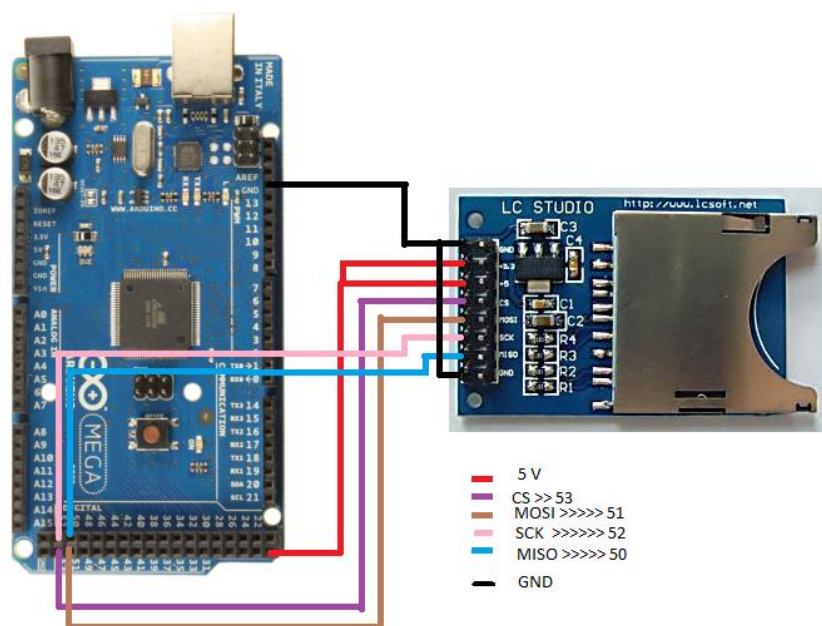


Figura 13: Conexión de memoria Micro SD

FUENTE: Kurniawan. Arduino Mega 2560. A Hands-on Guide for Beginner. (2012)

f) Programación de Arduino

La programación se realizó en cuatro pasos: el primero, programar la instalación de la memoria micro SD; el segundo, programar la medición de los datos de temperaturas de los termistores DS18B20; el tercero, programar la medición de los datos de humedad de los sensores FC-28 y el último, programar las mediciones de los sensores cada 5 minutos. Todas las programaciones estarán en el anexo 2.



Figura 14: Termistores DS18B20 y FC-28 cableados

3.3.3 Compostaje

3.3.3.1 Obtención de la materia prima del compostaje.

Para la gallinaza se coordinó con el encargado de la granja de aves para que durante una semana se dispongan las camas con excretas de las diferentes aves (gallinas ponedoras, pavos, codornices, pollos de postura) en un lugar cercano de donde se armaron las biopilas.

Por otro lado, para el rastrojo vegetal se coordinó con la unidad de servicio generales y el área de limpieza de esta unidad, que se encarga del recojo de la poda de las áreas verdes de la UNALM, que dos días de poda de la Universidad se transporten los residuos vegetales a la granja de aves, con previo permiso del Decano Víctor Meza, ya que esta poda normalmente se va a CEMTRAR (Centro Modelo de Tratamiento de Residuos) de la UNALM. El camión de la Unidad Servicios Generales de la UNALM hizo el traslado directo del rastrojo vegetal a la granja de aves de las podas de los días 15 y 16 de abril del 2019 y se almacenaron al lado del punto de acopio de la gallinaza antes mencionada.

3.3.3.2 Instalación de Biopila

La instalación de las biopilas se hizo en forma de dos columnas, teniendo en cada columna 7 biopilas, formando parejas cada par de ellas que comparten los cables de energía eléctrica. El terreno donde se posicionaron las biopilas tiene una pendiente que otorga una diferencia de altura, teniendo las biopilas 1 y 2 más altura; y las biopilas 13 y 14 una menor altura, esto para que agua de riego no se estanque en la biopila. Cada biopila representa la repetición de un ensayo los cuales fueron posicionados de forma aleatoria. En la figura 15 se presenta el posicionamiento de Biopilas.

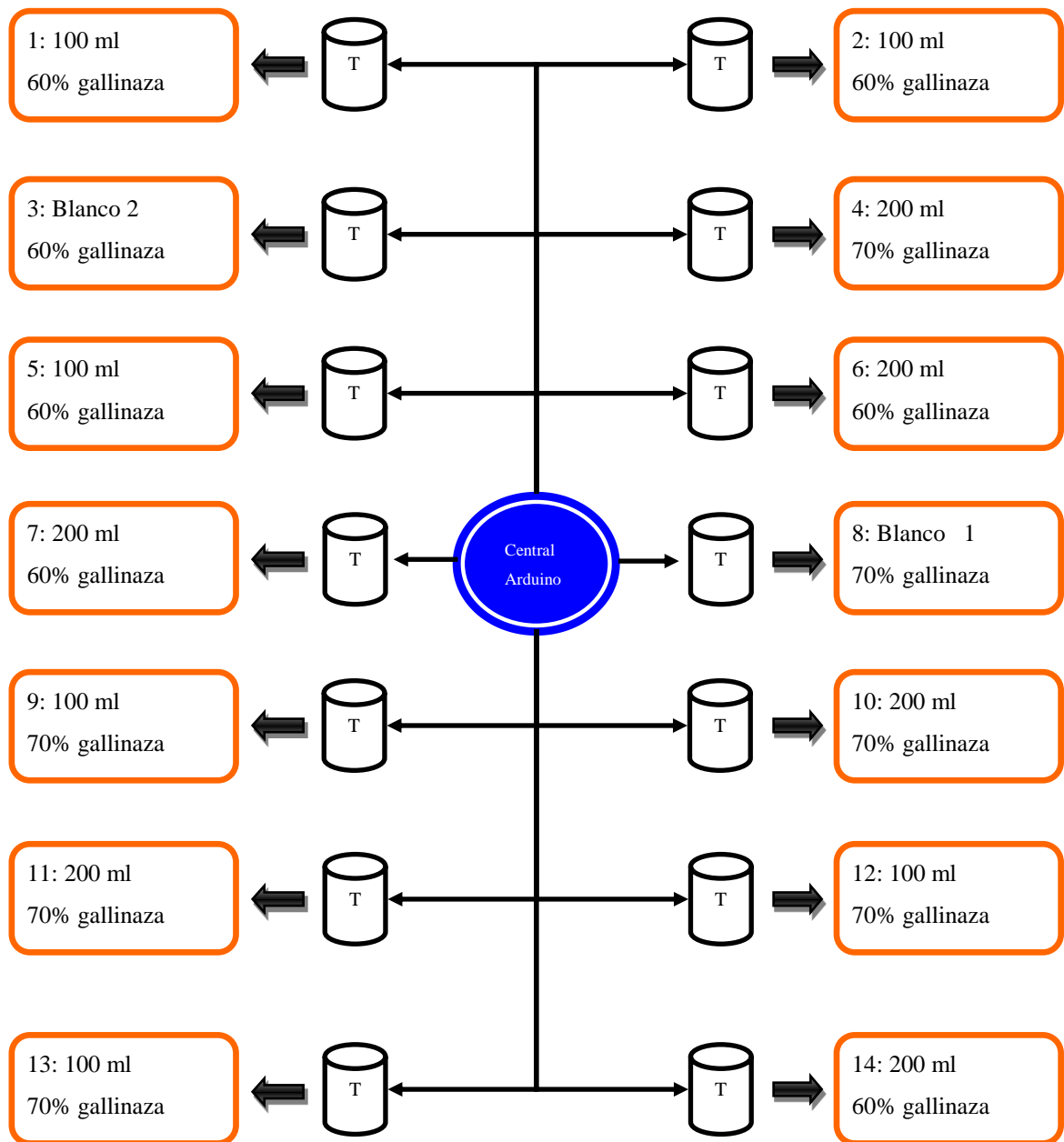


Figura 15: Posicionamiento de Biopilas
FUENTE: Elaboración propia

3.3.3.3 Armado de Biopila

El día 19 y 20 de abril se llevó a cabo el armado de las biopilas estas estaban formadas por nueve capas superpuestas según Román *et al.* (2013), donde se intercalaban rastrojo vegetal y gallinaza. Antes del armado de la biopila se colocó una manga plástica en el suelo, para evitar contaminación del suelo. La cantidad de rastrojo vegetal y gallinaza de las capas 6, 7, 8 y 9 depende del tipo de ensayo. El armado de biopila se realizó con ayuda de palas, rastrillo, sacos y una balanza. El contenido de las camas se muestra en la Tabla 17:

Tabla 12: Composición biopilas

Número de cama	Composición
1	10 kg de rastrojo vegetal
2	50 kg de gallinaza
3	20 kg de rastrojo vegetal
4	50 kg de gallinaza
5	20 kg de rastrojo vegetal
6	10-20 kg de gallinaza
7	5-15 kg de rastrojo vegetal
8	10-20 kg de gallinaza
9	5-15 kg de rastrojo vegetal



Figura 16: Pilas de compostaje recién armadas

3.3.3.4 Inoculación de bacterias ACF-SR

La inoculación de las baterías se realizó en tres ocasiones durante el compostaje: al principio de compostaje, a los 10 días de iniciar el compostaje y al comenzar la fase de enfriamiento. El procedimiento de inoculación comienza con separar la dosis (100 y 200 ml) correspondiente a cada biopila con la ayuda de una jeringa. Se colocó la mitad de la dosis en la mochila de fumigación, luego se llenó la mitad con agua, para finalizar colocando la otra mitad de la dosis. Una vez colocada la dosis completa se agitó la mochila para su mezcla,

con el fin de homogenizar el contenido. Y se procedió a regar la biopila correspondiente. Esto se realizó con todas la biopilas, exceptuando los blancos de prueba que solo se regaron con agua.



Figura 17: Inoculación de Biopilas

3.3.3.5 Volteo de Biopilas

El volteo de las biopilas se realiza para bajar la temperatura y oxigenar el compostaje. Esta actividad se realizó con ayuda de una pala, un rastrillo y una carretilla; de forma manual. Se realizó tres volteos: el primero coincidió con la segunda inoculación 8 días después de comenzar el compostaje, el segundo volteo se realizó 27 y 28 días después de comenzar el compostaje y el tercer volteo de la biopila junto a la tercera inoculación (al comenzar la etapa de maduración).



Figura 18: Volteo de biopilas

3.3.3.6 Tamizado

Una vez finalizado el compostaje se realizó el tamizado con ayuda de un tamizador (construido con malla galvanizada de media pulgada y retazos de madera), una pala y una carretilla. El objetivo de este tamizaje era separar los restos de madera (aserrín y ramas) que no se compostan y algunos residuos inorgánicos.

Se tamizo el total de cada una de las biopilas de compostaje para luego realizar el muestreo para el análisis de los parámetros finales el día 15 de setiembre del 2019.



Figura 19: Tamizado de biopilas

3.3.3.7 Muestreo para parámetros finales

Para la toma de muestras de los parámetros finales, todo el material tamizado se puso encima de una manga plástica y se realizó el método B del cuarteo (AASHTO T 248, 2014), hasta quedarnos con dos kg de muestra por cada biopila para el muestreo. Luego se mezcló las muestras de las biopilas que tenían el mismo ensayo y se repitió el método hasta quedar nuevamente con dos kg de muestra que se llevó a analizar al laboratorio de suelos de la UNALM.

3.3.3.8 Ensayos de biopilas

Para la investigación se realizó la degradación de la gallinaza a través de compostaje en pilas, el compostaje se hizo con dos relaciones gallinaza/rastrojo vegetal. Las relaciones elegidas para cada componente se encuentran en la tabla 18. La relación de rastrojo y gallinaza se sacó ajustando el cálculo a la relación C/N ideal para el comienzo del compostaje, que se calculó con la siguiente ecuación:

$$\frac{\%gallinaza \times \%Carbono + \%rastrojo\ vegetal \times \%Carbono}{\%gallinaza \times \%Nitrógeno + \%rastrojo\ vegetal \times \%Nitrógeno}$$

Tabla 13: Porcentaje de elemento del compostaje

	% Rastrojo	% Gallinaza	V (ml de bacterias ACF-SR)
Ensayo 1	30	70	200
Ensayo 2	30	70	100
Ensayo 3	40	60	200
Ensayo 4	40	60	100
Blanco 1	30	70	-
Blanco 2	40	60	-

Tabla 14: Cantidad de kg de elemento para el compostaje

	Rastrojo	Gallinaza
Ensayo 1	60	140
Ensayo 2	60	140
Ensayo 3	80	120
Ensayo 4	80	120
Blanco 1	60	140
Blanco 2	80	120

3.3.3.9 Volumen de bacterias.

La cantidad del complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) a usar es de 0.1 por ciento y 0.05 por ciento v/p del total de la pila. Según datos de que nos dio el proveedor, ya que en centros agronómicos y granjas de aves donde se usa esta bacteria usan este porcentaje.

El complejo bacteriano se aplicó en tres dosis: Al comienzo del compostaje, siendo esta la dosis con el 50 por ciento de la carga bacteriana total a inocular; al comenzar la fase termofílica y al finalizar la parte termofílica el 25 por ciento de bacteria a inocular respectivamente. Con lo que las dosis son de 100ml/50ml/50ml y 50ml/25ml/25ml, según sea el ensayo.

3.3.4 Determinación de las características fisicoquímicas del proceso de compostaje

3.3.4.1 Determinación de la temperatura (T°)

La temperatura se midió automáticamente a través de sensores de temperatura con intervalo de 5 minutos entre mediciones, el sensor fue introducido en el punto central de la mezcla. Estos datos fueron registrados y recolectados a través de la central Arduino y grabados en su memoria con el fin de obtener datos de forma continua.

3.3.4.2 Determinación del potencial de hidrógeno (pH)

Se determinó utilizando un potenciómetro en el extracto acuoso de la muestra con agua destilada, a una relación 1:10 (p/v) (Barrena, 2006).

3.3.4.3 Determinación de humedad

El parámetro de humedad fue medido por sensores de humedad automatizados con intervalo de 5 minutos entre mediciones, el sensor fue introducido en el punto central de la mezcla. Estos datos fueron registrados y recolectados a través de la central Arduino y grabados en su memoria con el fin de obtener datos de forma constante.

3.3.5 Medición de la influencia del complejo microbiano

Con el equipo de ARDUINO y sensor de temperatura se midió cuánto tiempo dura las etapas de compostaje con mayor exactitud, para medir la influencia del complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN).

Además, se analizó y se compararon la calidad de compost con las normas chilena, austriaca y peruana, buscando si el complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) influye en la calidad final.

3.3.6 Prueba estadística

La prueba estadística usada fue:

- Diseño de bloques completamente al azar, en el cual se hizo un análisis estadístico, usando la prueba de Tukey, para la comparación de resultados. Los factores implicados fueron los siguientes:
 - El porcentaje de gallinaza usado fue 70 por ciento y 60 por ciento, en los tratamientos.
 - La inoculación de bacterias ACF-SR (200 ml y 100 ml), según los ensayos.
 - Tiempo de parte termofílica del compostaje.
- Correlación de Pearson para todos los parámetros de calidad, que buscó si están ligados entre ellos.
- Prueba de normalidad Shapiro – Wilk W para todas las variables fisicoquímicas, teniendo en consideración un nivel de significancia del 5 por ciento y como hipótesis nula que los parámetros fisicoquímicos siguen una distribución normal.

3.3.7 Medición de calidad de compostaje

Para determinar la calidad del compost producido se midió los siguientes parámetros: pH, CE, P₂O₅ por ciento, K₂O, porcentaje de N, porcentaje de MO, C/N, Humedad, porcentaje de C, porcentaje de N, porcentaje CaO, porcentaje de MgO, porcentaje de Na, Pb, Cd y B para la comparación de calidad del compost de cada ensayo. Estos parámetros se determinaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros de la materia prima del compostaje.

A continuación, en las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de la materia prima para la producción de compost

a) pH y Conductividad eléctrica

Tabla 15: Medición de pH y conductividad eléctrica

Precursor	pH	Conductividad eléctrica (ds/m)
Gallinaza	8.49	7.7
FAO (2013)	6.5 - 8	-
Estrada (2005)	9.0	6.9
Carhuancho (2012)	6.5	18.3

El valor de pH que se encontró de la gallinaza fue de 8.49 lo cual nos indica que es básico y se encuentra ligeramente por encima del rango (6.5 – 8) que recomienda la guía de compostaje de la (Food and Agriculture Organization [FAO], (2013) para el inicio del compostaje. Pero Estrada (2005) encontró un pH de 9 en gallinaza de jaula, siendo este valor también mayor al recomendado por la FAO. Sin embargo, no coinciden con los valores encontrados por Carhuancho (2012) quien reportó valores menores de pH (6.5), siendo éste ligeramente ácido. Con respecto a la conductividad eléctrica la FAO no tiene un valor recomendado para el inicio del compostaje, pero los valores encontrados (7.7) son cercanos (6.9 ds/m) a los encontrados por Estrada (2005), en cambio los datos (18.3 ds/m) obtenidos por Carhuancho (2012) es mucho mayor, esto puede deberse al cambio de alimentación de las aves y que se tomó la mezcla de las camas de diferentes aves de la granja.

b) Relación Carbono-Nitrógeno (C/N) de los insumos del compost.

Tabla 16: Relación C/N de la materia prima del compostaje

Insumo de compost	%C	%N	Relación C/N	
Gallinaza	48.97	2.15	22.77	Presente estudio
	-	-	9.32	Carhuancho(2012)
	17.61	1.9	9.27	Trujillo (2019)
Rastrojo vegetal	49.97	1.55	32.24	Presente estudio
	-	-	44	Román (2013)

Para el rastrojo vegetal se obtuvo una relación C/N de 32.24, valor ligeramente mayor al intervalo requerido de 25 a 30 que asegura que el compost adquiera la suficiente velocidad de descomposición de la materia orgánica como lo indica Téllez (2019). Esta variación se debe a que la mezcla de rastrojo vegetal es de diferentes tipos de podas de las áreas verdes de la UNALM, la cual no se tuvo en cuenta una diferenciación al usar este sustrato como precursor del compostaje. Con respecto a la gallinaza los resultados obtenidos (22.77) de la relación de C/N salen muy por encima a los obtenidos (9.27) por Trujillo et al. (2019) y (9.32) Carhuancho (2012), para material rico en nitrógeno se ha obtenido 2.15 un valor casi cercano al obtenido por Trujillo (2019) mucho más donde se encuentra la gallinaza en cama según Román *et al.* (2013). Esta diferencia es porque no solo se usó estiércol de gallina sino de diferentes aves en la elaboración del precursor usado en el compostaje.

c) Relación de Carbono-Nitrógeno de los ensayos

Tabla 17: Relación C/N de los ensayos

Ensayo	%Gallinaza	%Rastrojo Vegetal	Relación C/N
1	70	30	25.01
2	60	40	25.85

La relación C/N de los dos ensayos están dentro del rango ideal inferior de lo recomendado por Román *et al.* (2013), que va de 25:1 a 35:1, para el inicio del compostaje, por lo que las relaciones de peso de gallinaza y rastrojo vegetal son correctas para el inicio del compostaje. La relación C/N de los dos ensayos están dentro del rango ideal inferior de lo recomendado por Román *et al.* (2013), que va de 25:1 a 35:1, para el inicio del compostaje, por lo que las relaciones de peso de gallinaza y rastrojo vegetal son correctas para el inicio del compostaje.

d) Metales pesados

Tabla 18: Metales pesados de gallinaza

Parámetro	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
Resultado	14.78	0.42	3.58
Norma Chilena	<100	<2	-
Norma Austria	<100	<1	-
NTP Peruana	<300	<39	-

Los metales pesados encontrados en la gallinaza no son superiores a las normas chilena, austriaca y peruana por lo que no debería interferir con los resultados finales de los parámetros fisicoquímicos del compost.

4.2 Parámetros durante la etapa de compostaje

a) pH

Tabla 19: Medición de pH durante el proceso de compostaje

Volteo	Fecha	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
1ra	02/05/19	7.54	7.74	7.78	7.42	7.35	7.52	7.58	7.45	7.61	7.44	7.36	7.47	7.58	7.34
2da	19,20/05/19	8.51	8.63	8.55	8.45	8.39	8.68	8.57	8.52	8.55	8.32	8.45	8.57	8.42	8.3
3ra	13/06/19	8.23	8.15	8.45	8.12	8.22	8.24	8.16	8.46	8.12	8.25	8.36	8.41	8.35	8.11

Como se ve en la tabla 19, en el primer volteo los resultados de pH encontrado son un poco más ácidos que la gallinaza inicial que tenía valor de 8.49, que concuerda con la primera etapa de compostaje de la acidificación que se da en los primeros días y que coincide con lo expuesto por Román *et al.* (2013), de igual manera los valores del primer volteo coinciden con los encontrados por Auquilla (2019): valores entre 7-8 de pH, en su investigación el cual también tenía como precursor la gallinaza, y Córdova (2016): acidificación de 8 a 6 de pH, donde se utilizó residuos orgánicos de una estación minera. En cambio, estos valores no coinciden con lo encontrado por Ávila (2015) donde su compostaje no tuvo una etapa de acidificación marcada, esto se debe a que realizó la recolección de sus residuos durante una semana y estos ya estaban descomponiéndose a la hora del compostaje (ya que utilizo residuos de avícola, camal y mercado).

En el segundo volteo encontramos valores ligeramente básicos y nos encontramos en la etapa termofílica del compostaje. Román (2013) indica que durante esta etapa encontraremos los valores más altos de pH en el compostaje y que coinciden con las investigaciones de Auquilla (2019) y Ávila (2015). Esto se debe a la transformación de nitrógeno a amoníaco. En el estudio de Córdova (2016) los mayores datos de pH se encuentran en la fase Mesofílica II,

lo que indica que la descomposición de los residuos ricos en nitrógeno de sus residuos se dio en esa fase.

En el tercer volteo, donde se inicia la etapa de maduración, tenemos valores ligeramente básicos, pero con una pequeña disminución a comparación de los valores del segundo volteo. Esta disminución coincide con los trabajos de Auquilla (2019), Córdova (2016) y Ávila (2015). Además, coinciden con los valores de pH de Auquilla (2019) y Córdova (2016) que fueron de 8-8.4 y 8.5 de pH respectivamente. En el trabajo de Ávila se tienen valores menores y que se debe a la mezcla inicial de los residuos orgánicos que utilizo.

b) Temperatura

b.1 Gráficas Temperatura vs Tiempo del compostaje

A continuación, se mostrará las gráficas de temperatura durante el proceso de compostaje hasta, los colores de las gráficas indican el tipo de ensayo que se realizó:

Colores

- Ensayo 1: Naranja: 70 por ciento gallinaza y 200 ml de inoculación.
- Ensayo 2: Rojo oscuro: 70 por ciento gallinaza y 100 ml de inoculación.
- Ensayo 3: Morado: 60 por ciento gallinaza y 200 ml de inoculación.
- Ensayo 4: Azul: 60 por ciento gallinaza y 100 ml de inoculación.
- Verde: Blancos (gráfica 3 blanco de 70 por ciento y gráfica 8 blanco de 60 por ciento)

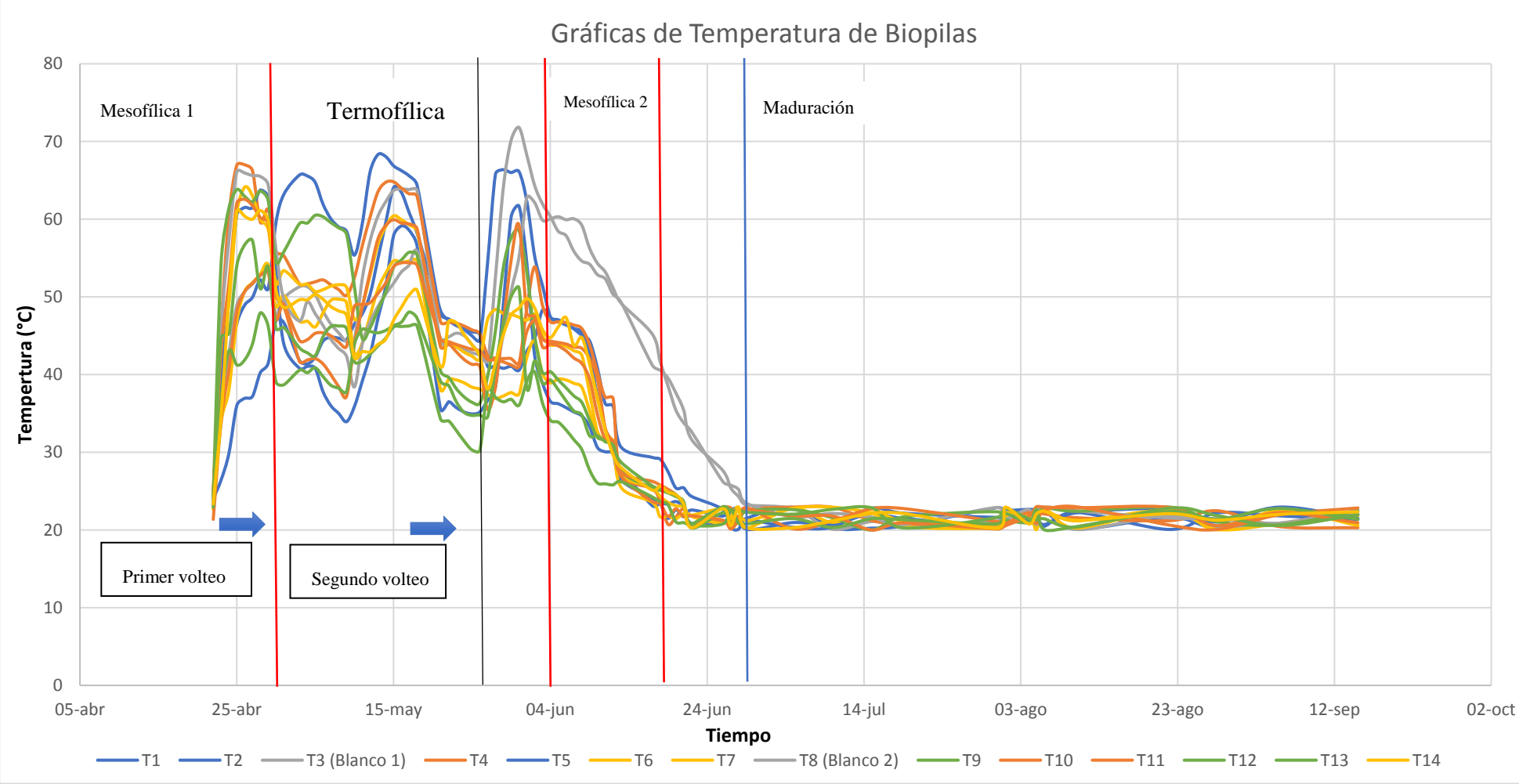


Figura 20: Gráficas Temperatura - Tiempo Biopilas completas

En la figura 20 se puede notar las etapas del compostaje bien marcada como indica Román *et al.* (2013), la primera, la fase mesofílica donde sube la temperatura rápidamente, luego la etapa termofílica donde encontramos los datos de temperaturas más alto y al final de todas las gráficas se ve la etapa mesofílica 2 o enfriamiento donde la biopila comienza a bajar su temperatura. También en las gráficas podemos observar como las biopilas bajan su temperatura en los volteos que se realizaron, teniendo una diferencia; en el primer volteo, que coincide con la segunda inoculación de bacteria, no se ve un descenso de temperatura de larga duración a diferencia del segundo volteo, donde no hay inoculación, se puede ver un descenso de temperatura con mayor duración de tiempo. Además, no se observa una diferencia en respecto al flujo de la temperatura durante el proceso de compostaje entre las biopilas de diferentes ensayos (diferente porcentaje de la materia prima y cantidad de bacterias inoculadas) y los blancos. Además, se nota la diferencia entre los ensayos y los blancos, de cuando entra a la etapa de maduración, marcado con línea azul para los blancos, lo cual se analizará más adelante.

Los datos de temperatura son parecidos a los obtenidos por Auquilla (2019), que usó el mismo material precursor al compostaje, mientras que Córdova (2016) y Ávila (2015) obtuvieron datos de temperaturas menores a los que encontramos, esto se debe a que usaron otros tipos de materiales como residuos de mercado y residuos orgánicos de comedor que son más fáciles de degradar.

Por último, podemos notar que entre las gráficas de misma dosis de microorganismo y porcentaje gallinaza/rastrojo vegetal tiene un parecido en la fluctuación. Y entre biopilas de diferentes dosis y porcentaje de la materia prima, no hay una diferencia significativa en la fluctuación.

c) Humedad

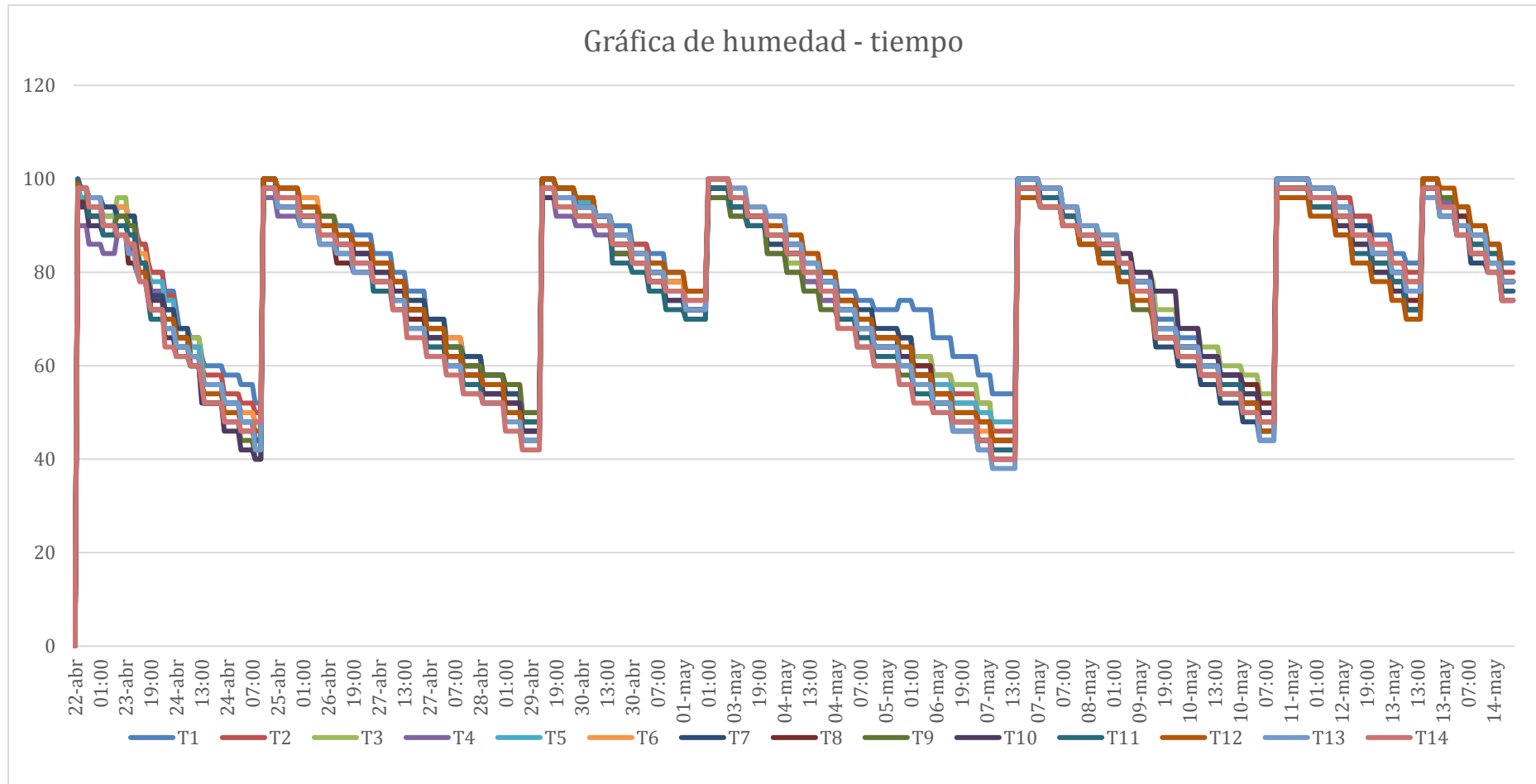


Figura 21: Gráfica de humedad – tiempo

Como se observa el gráfico de humedad de las biopilas cuando esta es menor a 60 por ciento, valor recomendado por Román et al. (2013), fue regado por lo que este sube nuevamente al 100 por ciento. Pero en la mayoría de las ocasiones este bajo hasta el 40 por ciento, porque la vigilancia de la data no se podía realizar todos los días.

Uno de los problemas que se encontró fue que la medición de humedad solo se pudo realizar hasta el 14 de mayo, debido a que los sensores FC-28 que mide la humedad presentaron muchos problemas, gracias a la dureza del suelo y falta de protección del dispositivo. Se encontraron precipitados y óxido pegados a la parte activa del sensor lo que impidió la medición correcta de humedad.

En respecto a humedad se tuvo medición del parámetro en la etapa crítica del compostaje que fue el comienzo, hasta la mitad de la etapa termofílica. Luego no se tuvo mediciones constantes y para evitar que los ensayos tengan errores por la falta de humedad se realizó el riego pasando un día y teniendo en cuenta el método del puño. Al comenzar el mes de junio se dejó de regar constantemente, debido a que había lloviznas regularmente.

4.3 Parámetro al finalizar la etapa de compostaje

4.3.1 Duración del compostaje

La siguiente tabla 20 presenta los días de la fase del compostaje, antes de entrar a la etapa de maduración, para el 60 por ciento de gallinaza aplicada. Teniendo en cuenta que, para entrar a la etapa de maduración, la temperatura de la biopila debe ser menor a 30°C.

Tabla 20: Duración fase termofílica – 60 por ciento

Blanco 2 60%	Ensayo 3 200/60%	Ensayo 4 100/60%
73	57	61
72,9	60	56
73,1	55	58

La siguiente tabla 21 presenta los días de la fase del compostaje antes de entrar a la etapa de maduración para el 70 por ciento de gallinaza aplicada, teniendo en cuenta que, para entrar a la etapa de maduración, la temperatura de la biopila debe ser menor a 30°C.

Tabla 21: Duración fase termofílica – 70 por ciento

Blanco 1 70%	Ensayo 1 200/70%	Ensayo 2 100/70%
71	57	61
70,9	58	61
71,1	62	59

En estas tablas podemos notar la diferencia que se encuentra entre los blancos y los ensayos, que son alrededor de 12 a 18 días con 60 por ciento de gallinaza y 10 a 14 días con 70 por ciento de gallinaza. Hay una diferencia notable con lo encontrado por Auquilla (2019), que demora alrededor de 100 días en entrar al inicio de la etapa de maduración (30°C), donde no utilizó ningún tipo de microorganismo y tuvo materia prima equivalentes (gallinaza y afrecho vegetal), mientras que Córdova (2016), demora alrededor de 88 y 94 días en entrar al inicio de la etapa de maduración (30°C), donde utilizó residuos orgánicos domiciliarios y estiércol de camélidos, además en donde se tuvo menor tiempo utilizó microorganismos eficaces.

Teniendo en cuenta los días que demoró otras investigaciones en su compostaje, nuestros blancos los hicieron de una manera rápida. Esto se debe a factores ambientales (temperatura, precipitación, humedad ambiental, entre otros) y a una técnica que se realizó para evitar que el exceso de agua de riego se empoce. Donde la instalación de las biopilas se realizó en una pendiente teniendo las primeras biopilas 1 y 2 como las más altas en la pendiente, y las pilas 13 y 14 las más baja en la pendiente. Donde las biopilas 3 y 8 (los blancos respectivos) recibían por efluente superficial el complejo de bacterias inoculados.

Se realizó la prueba ANOVA de dos factores para las fases de compostaje hasta la maduración de la prueba de compostaje para los diferentes tratamientos. Teniendo en cuenta

Ho: No existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Ha: Existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 22: Prueba ANOVA para tratamientos de 60 por ciento

	Blanco 2	100/60%	200/60%
Blanco 2		0,0003053	0,0002108
100/60%	12,36		0,8274
200/60%	13,2	0,8426	

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que para un nivel de significancia del 0,05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que hay diferencia significativa entre el blanco y los tratamientos. Lo que nos indica que la inoculación de las bacterias si ayuda en que se realice a mayor velocidad el compostaje.

La siguiente tabla presenta la prueba ANOVA para los tratamientos de 70 por ciento de gallinaza.

Tabla 23: Prueba ANOVA para tratamientos de 70 por ciento

	Blanco 1	100/70%	200/70%
Blanco 1		0,0007097	0,0003648
100/70%	10,61		0,6248
200/70%	11,97	1,361	

De acuerdo con los resultados de la prueba estadística, se evidencia que existe suficiente información estadística para afirmar que hay diferencia significativa entre el blanco y los tratamientos para un $\alpha= 0,05$. Lo que nos indica que la inoculación de las bacterias si ayuda en que se realice a mayor velocidad el compostaje.

Tabla 24: Prueba ANOVA para comparación entre ensayos

	100/60%	200/60%	100/70%	200/70%
100/60%		0.9481	0.7165	0.9834
200/60%	0.7559		0.4282	0.8099
100/70%	1.512	2.268		0.8893
200/70%	0.504	1.26	1.008	

Por último, se analizó si había diferencia entre los ensayos (sin contar los blancos). De acuerdo con los resultados de la prueba estadística, se evidencia que existe suficiente información estadística para afirmar que no hay diferencia significativa entre los tratamientos para un $\alpha= 0,05$. Lo que indica que la inoculación de mayor cantidad de bacteria o las diferentes proporciones de materia prima del compostaje no afecto al tiempo que se realizó el compostaje.

4.3.2 Resultados Físico-Químicos

Tabla 25: Resultados de salida del compostaje (1)

Biopila	pH	C.E dS/m	M.O. %	C %	N %	P2O5 %	K2O %	C/N
Blanco 1	7.81	15.2	35.86	20.8	2.28	4.26	2.77	9.12
Blanco 2	7.78	17.6	43.91	25.47	1.13	4.38	3.14	22.54
100ml 60/40	7.09	11.8	40.5	23.49	2.49	4.35	2.39	9.27
200ml 60/40	7.62	17.3	37.31	21.64	2.5	4.35	3.9	8.65
100ml 70/30	7.52	15.5	41.13	23.86	2.62	4.47	3.71	9.11
200ml 70/30	7.38	12.2	44.13	25.6	2.78	4.38	2.53	9.2

Tabla 26: Resultados de salida del compostaje (2)

Biopila	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal ppm	N nítrico ppm
Blanco 1	7.67	1.29	49.72	0.54	0.15	0.17
Blanco 2	8.89	1.41	47.58	0.66	0.11	0.4
100ml 60/40	9.1	1.44	46.58	0.57	0.07	0.26
200ml 60/40	10.57	1.77	47.62	0.91	0.11	0.22
100ml 70/30	9.87	1.52	44.97	0.79	0.11	0.37
200ml 70/30	9.66	1.64	42.69	0.82	0.15	0.31

Tabla 27: Resultados de salida del compostaje (3)

Biopila	Pb ppm	Cd ppm	B ppm
Blanco 1	55.45	2.83	47
Blanco 2	33.6	2.48	43
100ml 60/40	27.4	3.23	54
200ml 60/40	32.13	2.1	74
100ml 70/30	33.98	2.2	58
200ml 70/30	26.13	3.53	58

4.3.3 Comparación con Norma de Calidad de Compost 10-10-2000 de Chile y Normativa de Calidad de Compost Austriaca

a) pH

Tabla 28: Resultados de salida-pH

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
pH	7.81	7.78	7.09	7.6	7.52	7.38	7-8.5	7-8.5	7-8.5

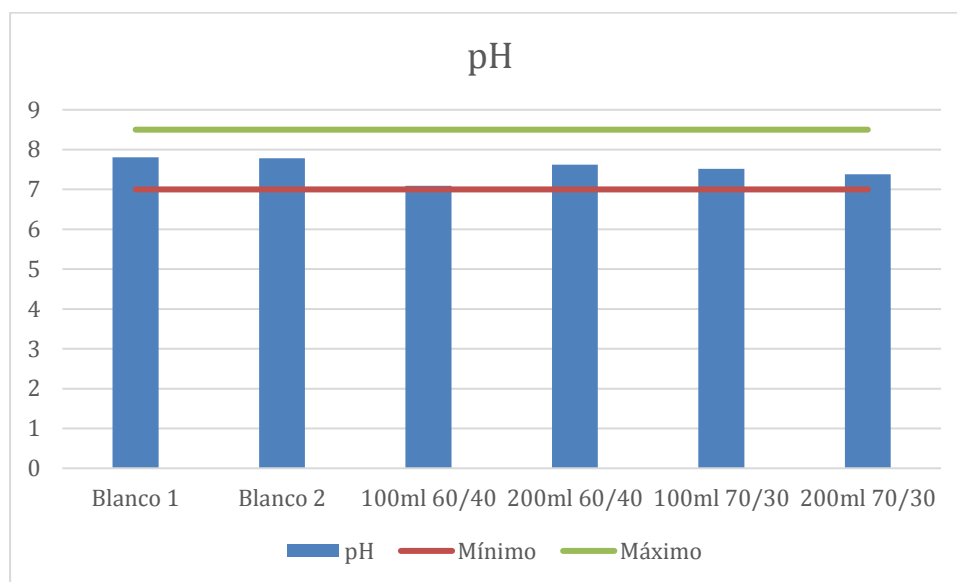


Figura 22: Comparación de pH

Todos los ensayos y blancos están dentro del rango aceptable de las normas de calidad de compost chilena y austriaca. Los valores de los blancos son ligeramente más básicos, por que se puede inferir que la inoculación de bacterias antes de la etapa de maduración favorece la formación de ácido húmicos y fúlmicos.

b) Conductividad eléctrica

Tabla 29: Resultados de salida-Conductividad eléctrica

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
C.E ds/m	15.2	17.6	11.8	17.3	15.5	12.2	< 5	5 - 12	< 5

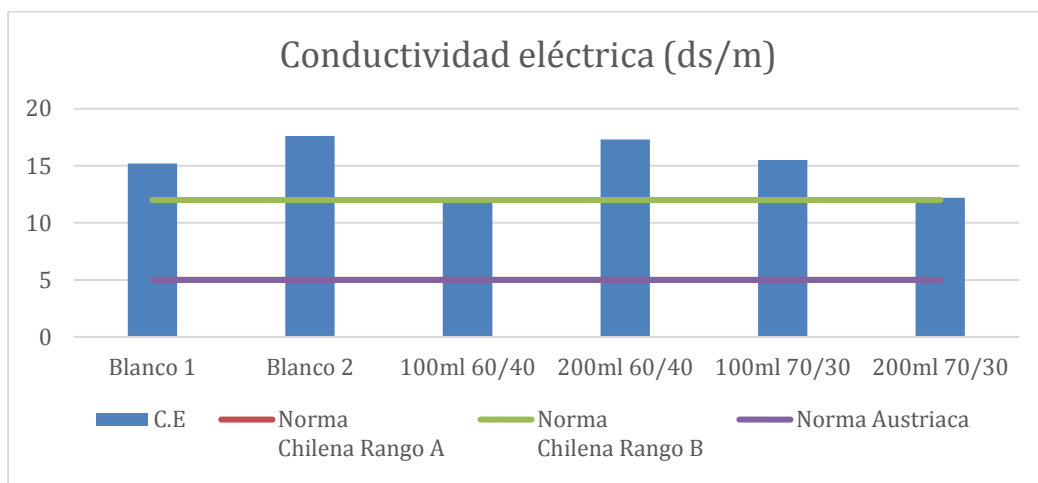


Figura 23: Comparación conductividad eléctrica

Todos los ensayos están por encima del límite de conductividad eléctrica aceptable por las normas de calidad de compost chilena y austriaca. Esto se debe a la conductividad eléctrica del agua con la que se regó el compostaje, ya que Vásquez (2018) encontró valores de 3.61 ds/m. Y según Román *et al.* (2013) el valor ideal para el agua de riego es de 0.8 ds/m. y aceptable hasta 2 ds/m.

c) Materia orgánica

Tabla 30: Resultados de salida- M.O

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
M.O.	35.86	43.91	40.5	37.31	41.13	44.13	≥ 25 %	≥ 25 %	≥ 45 %

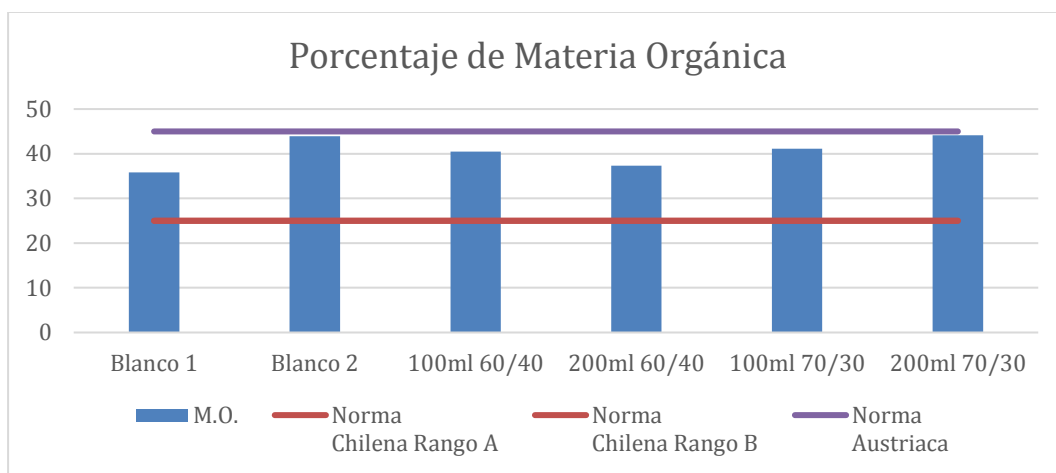


Figura 24: Comparación materia orgánica

Todos los ensayos están en el rango aceptable de las normas de calidad de compost chilena, en cambio no está dentro del rango aceptable de la Normativa Austriaca. Esto se debe a que a pesar de cumplir con lo sugerido inicialmente en la relación C/N, este está cerca al mínimo ideal.

d) Porcentaje de carbono orgánico

Tabla 31: Resultados de salida-Carbono orgánico

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
C%	20.8	25.47	23.49	21.64	23.86	25.6	-	-	≥12 %

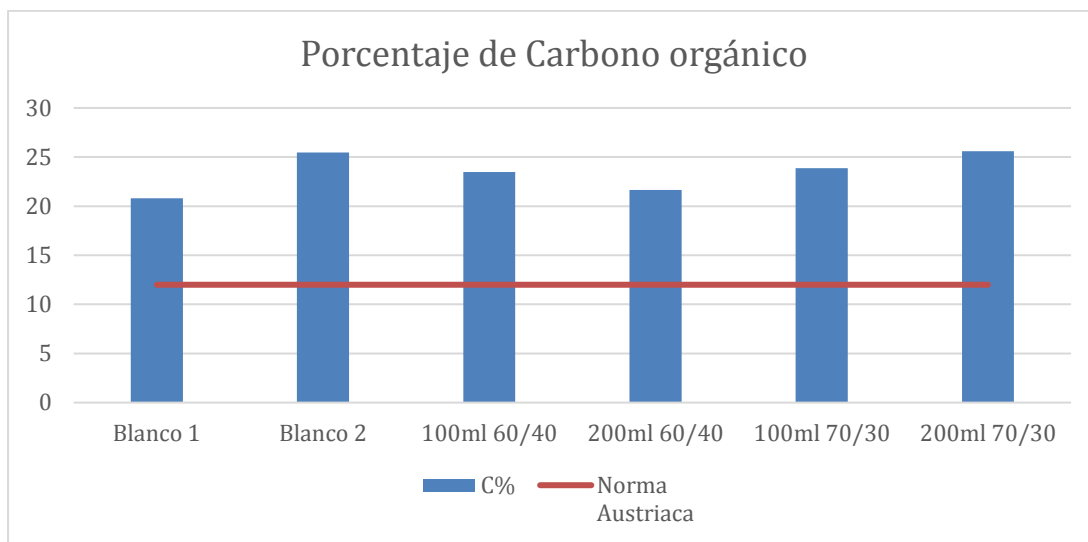


Figura 25: Comparación carbono orgánico

Todos los ensayos y blancos exceden el mínimo aceptable de las normas de calidad de compost austriaca.

e) Porcentaje de Nitrógeno total

Tabla 32: Resultados de salida-Nitrógeno total

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
N %	2.28	1.13	2.49	2.5	2.62	2.78	-	-	≥ 0.8 %

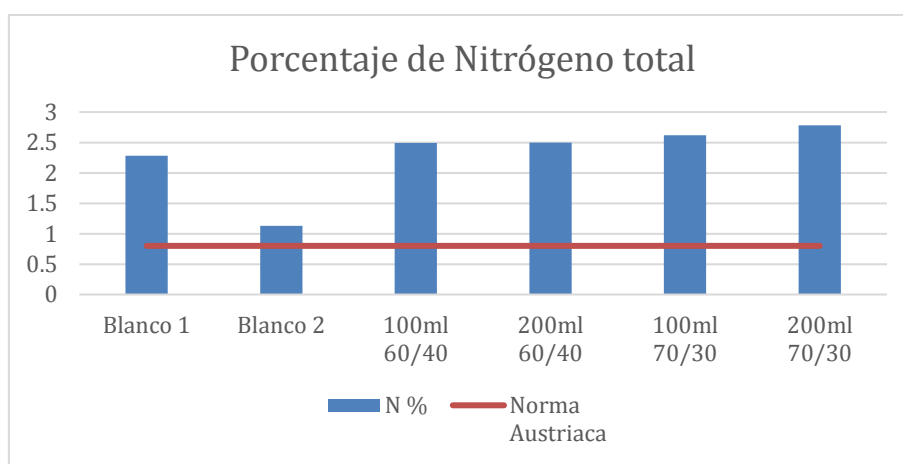


Figura 26: Comparación nitrógeno total

Todos los ensayos y blancos exceden el mínimo aceptable de las normas de calidad de compost austriaca.

Relación C/N

Tabla 33: Resultados de salida-Relación C/N

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
C/N	9.12	22.54	9.27	8.65	9.11	9.2	10 a 25	10 a 40	35:1 a 20:1

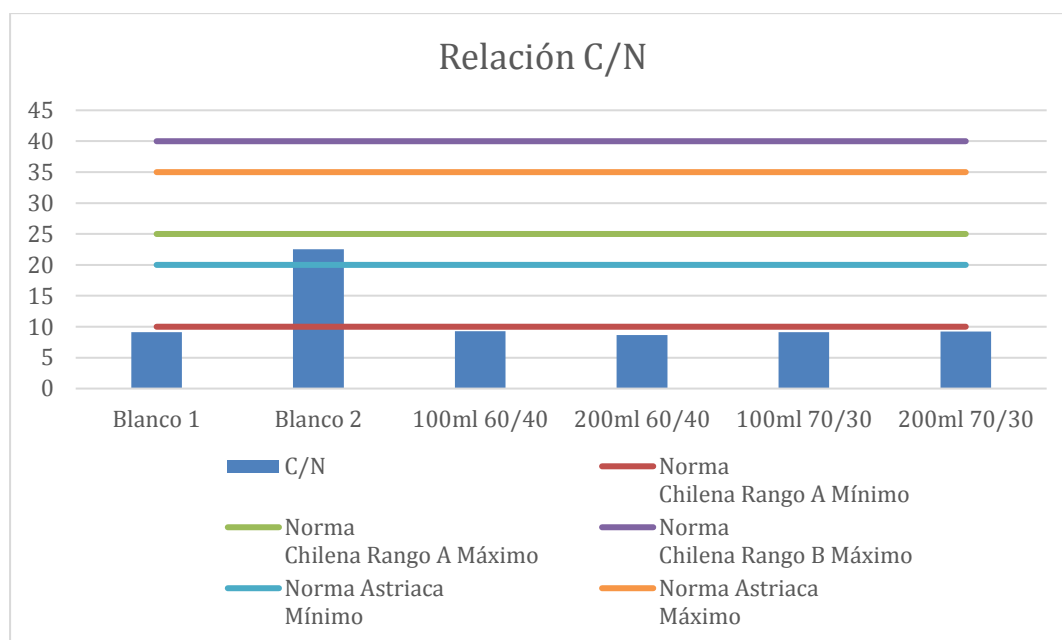


Figura 27: Comparación de la relación C/N

Todos los ensayos y blancos están por debajo del rango aceptable de las normas de calidad de compost chilena y austriaca, con excepción al blanco 2 que si cumple con las normas. Esto se debe al alto contenido de nitrógeno en el compost, ya que el complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) que se inoculó, cuatro de las seis bacterias hacen la degradación a componentes nitrogenados y que la gallinaza es alta en nitrógeno lo cual es degradado por estos tipos de bacterias. Los resultados de Auquilla (2019), que uso gallinaza como precursor, reflejan lo mencionado.

g) Humedad

Tabla 34: Resultados de salida-Humedad

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
Hd %	49.72	47.58	46.58	47.62	44.97	42.69	≥ 30 %	≥ 30%	25 a 50

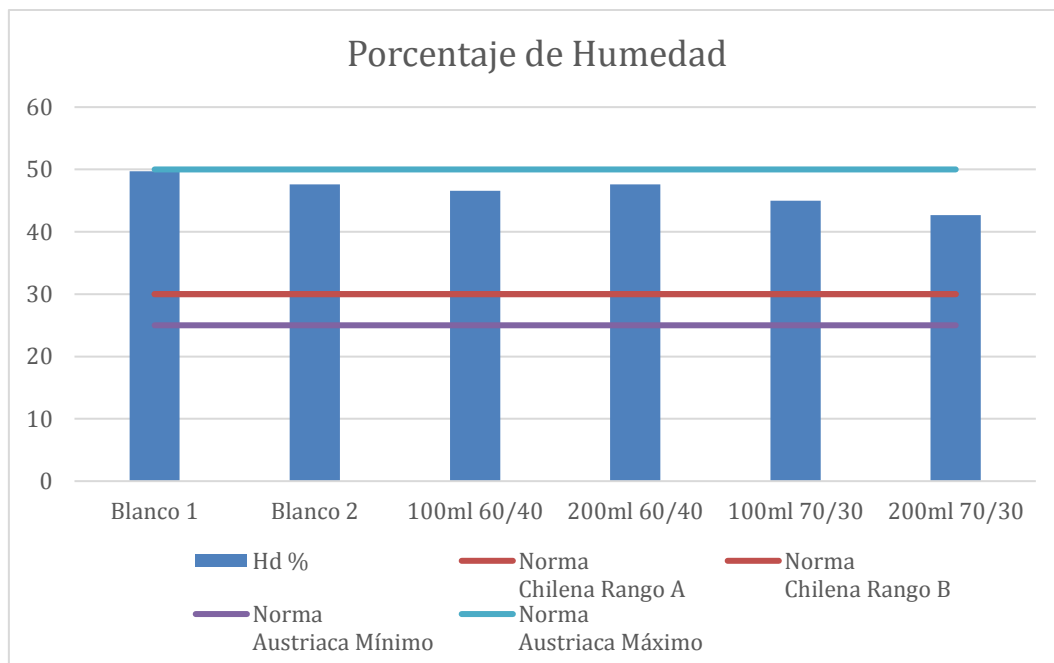


Figura 28: Comparación Humedad

Todos los ensayos y blancos están dentro del rango aceptable de las normas de calidad de compost chilena y austriaca.

h) Plomo

Tabla 35: Resultados de salida-Pb

Parámetro	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
Pb ppm	55.45	33.6	27.4	32.13	33.98	26.13	<100	<100	<100

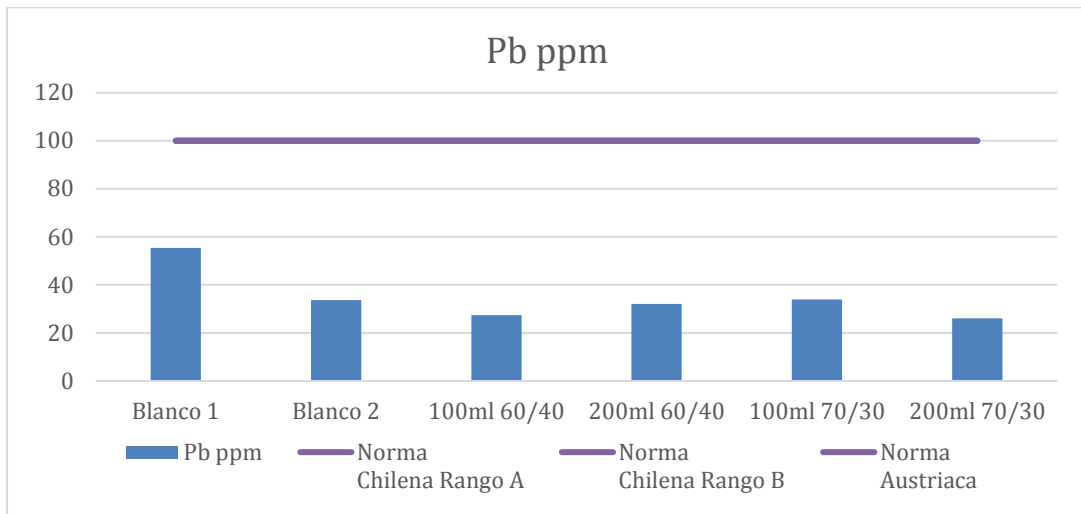


Figura 29: Comparación plomo

Todos los ensayos y blancos no exceden el rango máximo de las normas de calidad de compost chilena y austriaca.

i) Cadmio

Tabla 36: Resultados de salida-Cd

Parámetro	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Chilena Rango A	Norma Chilena Rango B	Norma Austriaca
Cd ppm	2.83	2.48	3.23	2.1	2.2	3.53	<2	<2	<1

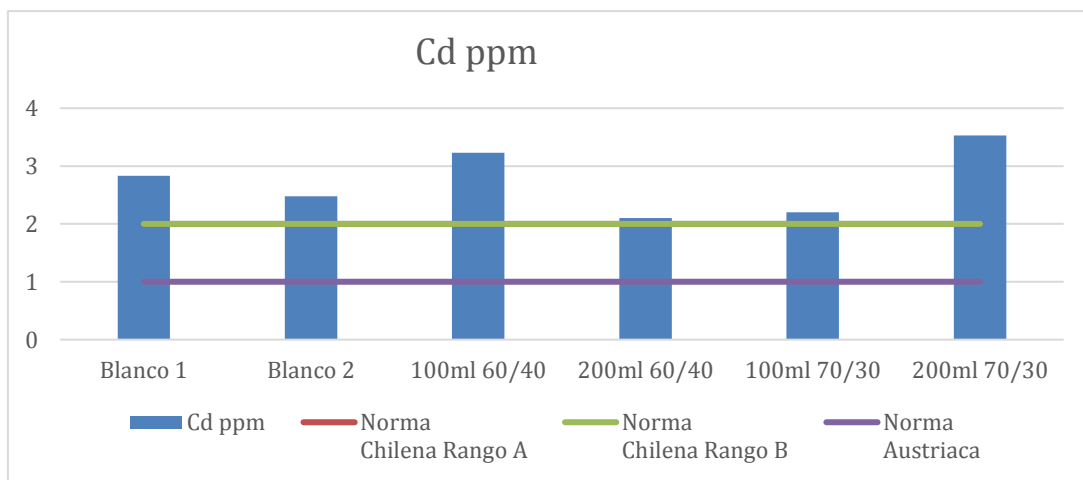


Figura 30: Comparación cadmio

Todos los ensayos y blancos exceden el rango máximo de las normas de calidad de compost chilena y austriaca.

Como se ve el plomo y cadmio tienen mayor presencia en comparación a lo encontrado en la gallinaza, por lo que se sospecha que esto se debe a un factor externo durante el proceso de compostaje o a la acumulación de diferentes FUENTES durante el proceso de compostaje. Los factores en cual se tiene sospecha son tres: el rastrojo vegetal, la contaminación atmosférica producida por el parque automotor y las precipitaciones que fue añadida al compost durante el proceso. Ya que a estos factores no se les determinó la cantidad de metales pesados que podrían haber aportado al compost.

4.3.4 Comparación con NTP 331.557 2013

Tabla 37: Comparación con la NTP de “Fertilizantes. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores del suelo”

Parámetros	Blanco 1	Blanco 2	100ml 60/40	200ml 60/40	100ml 70/30	200ml 70/30	Norma Peruana	Promedio Auquilla (2019)
pH	7.81	7.78	7.09	7.62	7.52	7.38	4 a 9	8.3
C.E	15.2	17.6	11.8	17.3	15.5	12.2	-	
M.O.	35.86	43.91	40.5	37.31	41.13	44.13	-	36.0175
C%	20.8	25.47	23.49	21.64	23.86	25.6	≥ 15%	19.5725
N %	2.28	1.13	2.49	2.5	2.62	2.78	Indicar si es mayor al 1%	2.005
P2O5 %	4.26	4.38	4.35	4.35	4.47	4.38	Indicar si es mayor al 1%	3.425
K2O %	2.77	3.14	2.39	3.9	3.71	2.53	Indicar si es mayor al 1%	3.8025
C/N	9.12	22.54	9.27	8.65	9.11	9.2	Indicarlo	9.7725
CaO %	7.67	8.89	9.1	10.57	9.87	9.66	-	-
MgO %	1.29	1.41	1.44	1.77	1.52	1.64	-	-
Hd %	49.72	47.58	46.58	47.62	44.97	42.69	30%	-
Na %	0.54	0.66	0.57	0.91	0.79	0.82	-	-
N amoniacal ppm	0.15	0.11	0.07	0.11	0.11	0.15	-	-
N nítrico ppm	0.17	0.4	0.26	0.22	0.37	0.31	-	-
Cd ppm	2.83	2.48	3.23	2.1	2.2	3.53	< 300	-
Pb ppm	55.45	33.6	27.4	32.13	33.98	26.13	< 39	-

A diferencia de la Normativa Chilena y Austriaca que son específicamente para calidad de compost, los resultados físico-químicos si cumplen con lo que requiere la normativa peruana de abonos y fertilizantes orgánicos, en los aspectos que se analizaron.

Además, los resultados de la calidad final del compostaje lo compararemos con los de Auquilla (2019) que utilizo la misma materia prima. Para el pH los resultados encontrados fueron menores al promedio de Auquilla (2019), que fue de 8.3, esto puede ser a que la inoculación de bacterias pueden haber mejorado la producción de ácidos fúlmicos y húmicos, en el caso C por ciento y N por ciento se tiene resultados mayores al promedio de Auquilla (2019) que está muy ligado a la diferencia que también se encuentra en la comparación de la relación C/N, siendo la de Auquilla (2019) ligeramente superior (9.7725), esto se debe a la cantidad bacterias que trabajan con nitrógeno de la inoculación.

4.4 Prueba estadística

4.4.1 Análisis de varianza

Se realizó la prueba de normalidad Shapiro – Wilk W para todas las variables fisicoquímicas, teniendo en consideración un nivel de significancia del 5 por ciento y como hipótesis nula que los parámetros fisicoquímicos siguen una distribución normal. La siguiente tabla presenta los resultados de la prueba estadística.

Tabla 38: Prueba de normalidad – parámetros fisicoquímicos

	N	Shapiro-Wilk W	p(normal)
pH	6	0,9342	0,613
C.E dS/m	6	0,8853	0,2945
M.O. %	6	0,9175	0,4877
C %	6	0,9177	0,4891
N %	6	0,7531	0,02136
P2O5 %	6	0,93	0,58
K2O %	6	0,9149	0,4695
C/N	6	0,5328	6,51E-05
CaO %	6	0,9717	0,9033
MgO %	6	0,9777	0,9397
Hd %	6	0,9662	0,866
Na %	6	0,9338	0,6098

De la tabla anterior se puede afirmar que a un nivel de significancia del 5 por ciento existe suficiente evidencia estadística para afirmar que todos los parámetros fisicoquímicos, a

excepción del porcentaje de nitrógeno y la relación carbono/nitrógeno, siguen una distribución normal.

La siguiente tabla presenta los resultados de la prueba estadística Shapiro Wilk-W para los parámetros inorgánicos.

Tabla 39: prueba de normalidad – parámetros inorgánicos

	N	Shapiro-Wilk W	p(normal)
Pb ppm	6	0,767	0,0291
Cd ppm	6	0,9366	0,6319
B ppm	6	0,9333	0,6059

De la tabla anterior se aprecia que, para un nivel de significancia de 0,05 existe suficiente evidencia estadística para afirmar que las variables cadmio y boro siguen una distribución normal, mientras la variable plomo no tiene una distribución normal.

4.4.2 Coeficiente de correlación de Pearson

A continuación, se muestra la tabla con el coeficiente de correlación de Pearson para los parámetros físico químicos de las pilas de compostaje. Esta prueba permite asociar los parámetros y la relación entre estos, el valor de correlación varía de -1 a 1 y entre más cercano a la unidad indicaría una correlación entre los elementos.

Tabla 40: Correlación – parámetros físico químicos

Parámetros	pH	C.E dS/m	M.O. %	C %	N %	P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal	N nítrico ppm	Pb ppm	Cd ppm	B ppm
pH		0.8217	-0.2817	-0.28148	-0.54469	-0.2589	0.45294	0.42911	-0.31012	-0.22392	0.55421	0.01051	0.55713	-0.024834	0.68242	-0.55029	-0.24511
C.E dS/m	0.8217		-0.22263	-0.22263	-0.59552	0.050289	0.78515	0.50086	0.11789	0.075312	0.52253	0.2622	0.071841	0.16546	0.32345	-0.87593	0.05598
M.O. %	-0.2817	-0.22263		1	-0.25757	0.6185	-0.24447	0.51596	0.22555	0.11337	-0.72115	0.1727	-0.077443	0.85693	-0.68775	0.33775	-0.28231
C %	-0.28148	-0.22263	1		-0.25721	0.61878	-0.24425	0.51566	0.22559	0.11341	-0.72146	0.17296	-0.076896	0.85703	-0.68752	0.33766	-0.28226
N %	-0.54469	-0.59552	-0.25757	-0.25721		0.096528	-0.050246	-0.95867	0.36587	0.44013	-0.46925	0.34856	0.12029	-0.42029	-0.16942	0.27748	0.62643
P2O5 %	-0.2589	0.050289	0.6185	0.61878	0.096528		0.42289	0.11063	0.63666	0.37334	-0.6761	0.524	-0.29412	0.81638	-0.62489	-0.28837	0.20463
K2O %	0.45294	0.78515	-0.24447	-0.24425	-0.050246	0.42289		0.020603	0.58757	0.48183	0.13983	0.65098	-0.069535	0.16831	0.02092	-0.94088	0.54194
C/N	0.42911	0.50086	0.51596	0.51566	-0.95867	0.11063	0.020603		-0.22021	-0.31408	0.19906	-0.20737	-0.10935	0.62781	-0.056047	-0.18353	-0.60018
CaO %	-0.31012	0.11789	0.22555	0.22559	0.36587	0.63666	0.58757	-0.22021		0.93247	-0.53981	0.90551	-0.28445	0.27408	-0.73212	-0.34271	0.8395
MgO %	-0.22392	0.075312	0.11337	0.11341	0.44013	0.37334	0.48183	-0.31408	0.93247		-0.49747	0.93775	-0.033472	0.035734	-0.627	-0.19712	0.90106
Hd %	0.55421	0.52253	-0.72115	-0.72146	-0.46925	-0.6761	0.13983	0.19906	-0.53981	-0.49747		-0.517	-0.076011	-0.5079	0.74061	-0.40874	-0.25541
Na %	0.01051	0.2622	0.1727	0.17296	0.34856	0.524	0.65098	-0.20737	0.90552	0.93775	-0.517		0.13474	0.21033	-0.50446	-0.36563	0.80621
N amoniacal ppm	0.55713	0.071841	-0.077443	-0.076896	0.12029	-0.29412	-0.069535	-0.10935	-0.28445	-0.033472	-0.076011	0.13474		-0.20535	0.48458	0.18632	-0.11459
N nítrico ppm	-0.024834	0.16546	0.85693	0.85703	-0.42029	0.81638	0.16831	0.62781	0.27408	0.035734	-0.5079	0.21033	-0.20535		-0.51903	-0.14541	-0.28295
Pb ppm	0.68242	0.32345	-0.68775	-0.68752	-0.16942	-0.62489	0.02092	-0.056047	-0.73212	-0.627	0.74061	-0.50446	0.48458	-0.51903		-0.20206	-0.38675
Cd ppm	-0.55029	-0.87593	0.33775	0.33766	0.27748	-0.28837	-0.94088	-0.18353	-0.34271	-0.19712	-0.40874	-0.36563	0.18632	-0.14541	-0.20206		-0.30509
B ppm	-0.24511	0.05598	-0.28231	-0.28226	0.62643	0.20463	0.54194	-0.60018	0.8395	0.90106	-0.25541	0.80621	-0.11459	-0.28295	-0.38675	-0.30509	

De la tabla anterior se observa las siguientes relaciones:

- El pH se relación directamente proporcional a la conductividad eléctrica.
- La conductividad eléctrica se relaciona directamente proporcional con el porcentaje de K_2O indicando que la presencia de este tipo de sales es la que tiene mayor aporte a la C.E, en cambio con los porcentajes de Ca, MgO y Na tienen una relación mínima. Con lo que cumple con lo expuesto por Vásquez (2018) donde indica que las sales predominantes en el agua de riego de la UNALM son sulfatos y cloruros los cuales no fueron analizados en esta investigación.
- La relación C/N y el porcentaje de M.O tienen una relación directamente proporcional con el N nítrico con lo que confirma que el complejo de bacterias inoculados es efectivo para degradar residuos altos en nitrógeno. Y la FUENTE de estos elementos es la misma, que es la gallinaza
- El plomo tiene una relación directamente proporcional con la humedad.
- El plomo tiene una relación indirectamente proporcional con los porcentajes de CaO y MgO.
- El cadmio tiene una relación indirectamente proporcional con la conductividad eléctrica y el porcentaje de K_2O , esto se debe a que el “K” y el “Cd” tienen la misma naturaleza iónica por lo que en la CIC del suelo el potasio puede ser reemplazado por el Cd y con eso bajar la conductividad eléctrica del suelo.
- El Cd no tiene relación directamente proporcional con ningún parámetro, por lo que la FUENTE de contaminación de Cadmio es puntual y solo aporta este elemento.
- El boro tiene una relación directamente proporcional con los porcentajes de CaO y MgO debido a que la dureza del suelo hace más absorbente al boro en la CIC del suelo.

La siguiente tabla presenta el coeficiente de correlación de Pearson para los metales encontrados en el compost.

Tabla 41: Correlación – parámetros inorgánicos

	Pb ppm	Cd ppm	B ppm
Pb ppm		-0,20206	-0,38675
Cd ppm	-0,20206		-0,30509
B ppm	-0,38675	-0,30509	

De la tabla anterior se observa que no hay relaciones relevantes entre los metales en el compost.

V. CONCLUSIONES

1. Las características de la gallinaza y rastrojo vegetal inicial que se utilizó en el compostaje estaban dentro del rango óptimo para el comienzo del mismo, con excepción del pH.
2. No hubo diferencia significativa en el tiempo de compostaje y la calidad final del compost entre ensayos.
3. El sistema ARDUINO sirve de apoyo para el compostaje, ya que puede calcular el tiempo de compostaje, identificar en qué etapa está el compostaje, saber la humedad de la pila de compostaje y medir parámetros del compost de forma continua.
4. La calidad final del compost no cumple con la norma chilena y austriaca en los parámetros de Conductividad Eléctrica, Relación C/N y Cadmio. Sin embargo, si cumple en todo lo parámetros de la norma técnica peruana de fertilizantes orgánicos.
5. El complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) si tiene relevancia en la disminución de tiempo en el proceso de compostaje entre las etapas mesofílica 1 a mesofílica 2 y es más efectivo con residuos con altos contenidos en nitrógeno. Sin embargo, esta no afecto a la calidad final del compostaje con excepción al pH.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar 100 ml del complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) utilizado en los ensayos y la proporción de 70 por ciento – 30 por ciento de gallinaza-rastrojo vegetal.
2. Poner protección a los sensores FC-28 para evitar la oxidación y la acumulación de sales, de lo contrario se debe buscar un sensor que no presente estos problemas para la medición de datos de humedad continuos.
3. Probar la eficiencia del complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) con una menor dosis de aplicación o al contrario mayor volumen de compostaje.
4. Al ser el complejo microbiano ACF-SR (AQUA CLEAN) más efectivo con compuestos altos en nitrógenos se debería probar en la descomposición de gallinaza pura, residuos de cocinas y estiércol porcino.
5. Probar el sistema ARDUINO en compostaje con mayor grado de tecnología, buscando que este se realice de la forma más mecánica posible.
6. Realizar la determinación de metales pesados a los factores externos que podrían haber aportado al compostaje: Metales del rastrojo vegetal, contaminación atmosférica por parque automotor y precipitación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ansorena J, Batalla E. & Merino D, (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. Escuela Agraria Fraisoro 1-67. Recuperado de https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000304.pdf
- Aquilla, E. (2019). Co-compostaje de gallinaza proveniente de la granja avícola Fernandita de la ciudad de Riobamba (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10803>
- Ávila, M. (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismo eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicas, Sapallanga-Huancayo (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>
- Barrena G. & Ayuso, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Barcelona. España. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Binner E., Zach A. & Lechner P. (1999). Test Methods Describing the Biological Reactivity of Pretreated Residual Wastes. 7th International Landfill Symposium, Vol. I. Simposio llevado a cabo en Cagliari, Sardinia, Italy.
- Bohórquez, A., Puentes, Y. y Menjivar, J. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. Revista Carporica. Volumen 1 (15): p. 73-81. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/4499/449944863008.pdf>

Carhuancho, Fanny. (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Recuperado de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1769/P06.C375T.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0GCe0H0wGtsZvLc_bm5K4Qaf_CGk3xzY_KMOwdWnmPvz6by-hAe_i6hiRo

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Cotopaxi, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2736/1/T-UTC-00273.pdf>

Collins, E. R., Barker, J. C., Carr, L. E., Brodie, H. L. & Martin, J. H. (1999). Poultry waste management handbook; Tablas 1-1, 1-2, 1-5, 1-6 y 1-9, y Figura 2-1. NRAES-132. ISBN 0-935817-42-5. Ithaca, Nueva York, EE.UU., Natural Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES)

Córdova, S & Miño, B. (2015). Producción de biogás a partir de gallinaza con la adición de promotores de fermentación a 3 dosis, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, periodo 2014 – 2015 (Tesis pregrado). Universidad Académica de Universidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Lacatunga, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2736/1/T-UTC-00273.pdf>

Córdova, F. (2016). Propuesta de mejora del proceso de compostaje de los residuos orgánicos, generados en la actividad minera, empleando microorganismos eficientes- Unidad Minera Sur (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del San Agustín Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3086>

Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario El Peruano. Lima, viernes 23 de diciembre de 2016.

Decreto Legislativo N° 1501. Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario El Peruano. Lima, 11 de mayo del 2020.

Decreto Ministerial N° 637-2006/MINSA. Reglamento de manejo selectivo de Residuos Sólidos con fines de reaprovechamiento por personas naturales. Diario El Peruano. Lima, 14 de julio del 2006.

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario El Peruano. Lima, 21 de diciembre del 2017.

Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista LASALLISTA de investigación. Volumen 1(2): p. 43-48. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/695/69520108/>

FOP AASHTO T 248-14. (2014). REDUCING SAMPLES OF AGGREGATES TO TESTING SIZE. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. XXXII ed., AASHTO, EUA. Recuperado de http://www.waqtc.org/library/documents/aggregate/aashto_T248_14.pdf

Gil, K. (2018). Estudio comparativo para análisis del peso final del pollo de engorde COBB y ROSS 308 AP antes del sacrificio para evaluar posible cambio de estirpe en la operadora avícola de Colombia S.A.S. (Tesis de pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12047/1/2018_Estudio_comparativo%20.pdf

Hernández, J. (2012). Diagramas de POURBAIX: Herramientas termodinámicas aplicada a los problemas de corrosión. Revista Digital de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Barquisimeto. Venezuela. Vol. 2 No. 5. octubre 2012 Pp. 297-306 ISSN: 2244-7393. Recuperado de: <http://redip.bqto.unexpo.edu.ve>.

INDECOPI (2013). Norma Técnica Peruana 311.557. FERTILIZANTES. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. 1ra Edición. INDECOPI, Lima, Perú.

James, D.W., Hanks R.J. & Jurinak, J.J. (1982). Modern Irrigated Soils. Wiley. New York.

Kurniawan, A. (2012). Arduino Mega 2560. A Hands-on Guide for Beginner. PE Press; Edición: 1. Estados Unidos.

Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Jornada Técnica de Fertilidad y Calidad del Suelo. Experiencias de fertilización orgánica en

platanera. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. ICIA. 21 de Octubre de 2011. Proyecto BIOMUSA 7. Recuperado de <https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>

Masaguer, A., & Benito, M. (2008). Evaluación de la calidad del compost. En J. Moreno, & R. Moral (eds.), Compostaje (págs. 285-304). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Maxim Integrated. (2019). Datasheet DS18B20. Recuperado de: <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/DS18B20.html>

MINAGRI-DEGESEP-DEA. (2019). Boletín estadístico anual de la producción y comercialización de productos agrícolas. MINAGRI, Lima, Perú.

Naylamp Mechatronics, (2019). Datasheet FC-28. Recuperado de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html>

Neyra, P. (2017). Reactividad del compost de residuos de parque y jardines del distrito de La Molina-Lima (Tesis de pregrado). Universidad Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

NCh 2880 (Norma Chilena de Compost). 2004. Norma Chilena Oficial. Compost-Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.

ÖNORM S 2022. Gütekriterien für Müllkompost (Quality criteria for waste compost).

ÖNORM S 2023. Untersuchungsmethoden und Güteüberwachung von Müllkompost (Research methods and quality control of waste compost).

ÖNORM S 2220. Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen (Quality criteria for compost from biogenic waste).

Ormeño, M. & Ovalle, A. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. INIA Divulga 10: 29-35. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Maria_Ormeno/publication/273321490_Preparacion_y_aplicacion_de_abonos_organicos/links/54fe8aee0cf2eaf210b32c72.pdf

Página oficial de Arduino, <https://arduino.cl/que-es-arduino/>.

Palmero, R. (2010). Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional de pilas o montones. (Litografía Santa Elena). Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural, Tenerife: España. Recuperado de: <http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/10/elaboracion-de-compost-con-restos-vegetales-1.pdf>

Raviv, M. (1998). Horticultural uses of composted material. *Acta Horticulturae* 469: 225-234

Román, P., Martínez, M. & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencia Latinoamérica. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe. FAO. Santiago de Chile: Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Rosales, N., Bermúdez, J., Moronta, R. & Morales, E. (2007). Gallinaza: un residual avícola como FUENTE alternativa de nutrientes para producción de biomasa micro alga. *Revista Colombiana Biotecnología* 1 (9): 41-48. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/776/77690106/>.

Rynk, R. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering. Cooperative Extension. Ithaca, NY, Estados Unidos.

Sandoval Alvarado, L. (2006). Manual de Tecnologías Limpias en Pymes del Sector Residuos Sólidos. Programa Horizontal de Tecnologías Limpias y Energías Renovables. OEA. Recuperado de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128192419.pdf>

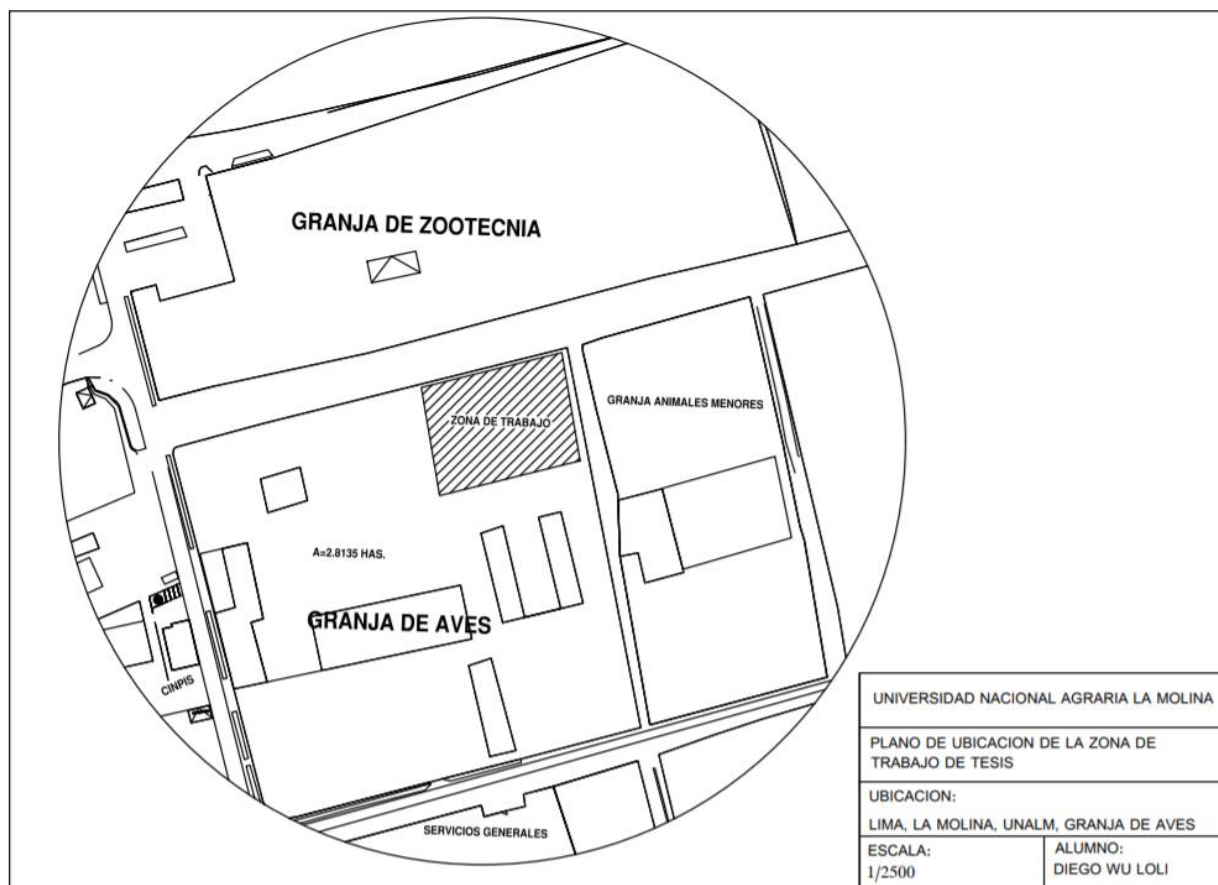
SENAMHI. (2019). Datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica Von Humbolt. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?dp=lima&p=estaciones>

Sifuentes Jiménez, R.J. (2018). Enlace inalámbrico Zigbee para un sistema de alumbrado LED autónomo. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Piura. Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1759/CIE-SIF-JIM-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Soto, G & Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 72: 91-97. Recuperado de <http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/318/A1909E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Téllez, L.A, Ortiz, L.F., Calle, J.L., Jorge & Césare, M.F. & Visitación, L. (2019). Estabilidad de la bosta de caballo mediante un proceso aeróbico similar al compostaje. Rev. Soc. Quím. Perú vol.85 N°1. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810634X2019000100004&script=sci_arttext
- Trujillo, E; Valencia, C; Alegría, M; Alejandrina & Césare, C. (2019). Producción y caracterización química de biochar a partir de residuos orgánicos avícolas. Revista Sociedad Química del Perú. Vol 85. °N 4. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810634X2019000400489&script=sci_arttext#aff2
- Valera, S & Basil, G. (2001). Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales. Serie técnica: “Sistemas Forestales Integrados” Área Forestal - INTA EEA. (Varela, S. A. y Aparicio, A. eds.) INTA, Bariloche:Argentina. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_utilizaciondeenmiendas.pdf
- Vásquez Pérez, S.F. (2018). Diagnóstico del consumo y demanda de agua potable en el campus de la UNALM y propuesta de cobertura (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú,. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/410757946/vasquez-perez-sandy-fiorella-pdf>
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M. & De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity in immature compost. Biocycle 22: 54–57.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación del proyecto



Anexo 2: Programación Arduino

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#include <SD.h>
#include <SPI.h>

int microsd = 53;
File myFile;
// Pin donde esta conectados los sensores
const byte T1 = 35;
const byte T2 = 34;
const byte T3 = 33;
const byte T4 = 32;
const byte T5 = 29;
const byte T6 = 24;
const byte T7 = 31;
const byte T8 = 28;
const byte T9 = 27;
const byte T10 = 26;
const byte T11 = 25;
const byte T12 = 30;
const byte T13 = 23;
const byte T14 = 22;

//Instancias de las clases OneWire y DallasTemperature
OneWire oneWireobjeto1(T1);
DallasTemperature sensorT1(&oneWireobjeto1);
OneWire oneWireobjeto2(T2);
DallasTemperature sensorT2(&oneWireobjeto2);
OneWire oneWireobjeto3(T3);
DallasTemperature sensorT3(&oneWireobjeto3);
OneWire oneWireobjeto4(T4);
DallasTemperature sensorT4(&oneWireobjeto4);
OneWire oneWireobjeto5(T5);
DallasTemperature sensorT5(&oneWireobjeto5);
OneWire oneWireobjeto6(T6);
DallasTemperature sensorT6(&oneWireobjeto6);
OneWire oneWireobjeto7(T7);
DallasTemperature sensorT7(&oneWireobjeto7);
OneWire oneWireobjeto8(T8);
DallasTemperature sensorT8(&oneWireobjeto8);
OneWire oneWireobjeto9(T9);
DallasTemperature sensorT9(&oneWireobjeto9);
OneWire oneWireobjeto10(T10);
DallasTemperature sensorT10(&oneWireobjeto10);
OneWire oneWireobjeto11(T11);
DallasTemperature sensorT11(&oneWireobjeto11);
OneWire oneWireobjeto12(T12);
DallasTemperature sensorT12(&oneWireobjeto12);
OneWire oneWireobjeto13(T13);
DallasTemperature sensorT13(&oneWireobjeto13);
```



```

OneWire oneWireobjeto14(T14);
DallasTemperature sensorT14(&oneWireobjeto14);

void setup() {
// Iniciamos la comunicacion serial
  Serial.begin (9600);
// Iniciamos bus OneWire
sensorT1.begin();
sensorT2.begin();
sensorT3.begin();
sensorT4.begin();
sensorT5.begin();
sensorT6.begin();
sensorT7.begin();
sensorT8.begin();
sensorT9.begin();
sensorT10.begin();
sensorT11.begin();
sensorT12.begin();
sensorT13.begin();
sensorT14.begin();

  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Iniciando SD ...");
  if (!SD.begin(microsd)) {
    Serial.println("No se pudo inicializar");
    return;
  }
  Serial.println("inicializacion exitosa");

}

void loop() {
  // Mandamos comandos para toma de temperatura de los
sensores
  Serial.println("Mandamos comandos de los sensores");
  sensorT1.requestTemperatures();
  sensorT2.requestTemperatures();
  sensorT3.requestTemperatures();
  sensorT4.requestTemperatures();
  sensorT5.requestTemperatures();
  sensorT6.requestTemperatures();
  sensorT7.requestTemperatures();
  sensorT8.requestTemperatures();
  sensorT9.requestTemperatures();
  sensorT10.requestTemperatures();
  sensorT11.requestTemperatures();
  sensorT12.requestTemperatures();
  sensorT13.requestTemperatures();
  sensorT14.requestTemperatures();
}

```

```

//Leemos los datos de los sensores
Serial.print("Temperatura 1: ");
  Serial.print(sensorT1.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 2: ");
  Serial.print(sensorT2.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 3: ");
  Serial.print(sensorT3.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 4: ");
  Serial.print(sensorT4.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 5: ");
  Serial.print(sensorT5.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 6: ");
  Serial.print(sensorT6.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 7: ");
  Serial.print(sensorT7.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
Serial.print("Temperatura 8: ");
  Serial.print(sensorT8.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 9: ");
  Serial.print(sensorT9.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 10: ");
  Serial.print(sensorT10.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 11: ");
  Serial.print(sensorT11.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 12: ");
  Serial.print(sensorT12.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 13: ");
  Serial.print(sensorT13.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");
  Serial.print("Temperatura 14: ");
  Serial.print(sensorT14.getTempCByIndex(0));
  Serial.println(" C");

// put your main code here, to run repeatedly:
int lectura1 = analogRead(A1);
int lectura2= analogRead(A2);
int lectura3 = analogRead(A3);
int lectura4 = analogRead(A4);
int lectura5 = analogRead(A5);
int lectura6 = analogRead(A6);
int lectura7 = analogRead(A7);
int lectura8 = analogRead(A8);
int lectura9 = analogRead(A9);

```

```

        int lectura10 = analogRead(A10);
        int lectura11 = analogRead(A11);
        int lectura12 = analogRead(A12);
        int lectura13 = analogRead(A13);
        int lectura14 = analogRead(A14);

Serial.print("La lectura es: ");
Serial.println(lectura1);
Serial.println(lectura2);
Serial.println(lectura3);
Serial.println(lectura4);
Serial.println(lectura5);
Serial.println(lectura6);
Serial.println(lectura7);
    Serial.println(lectura8);
    Serial.println(lectura9);
        Serial.println(lectura10);
        Serial.println(lectura11);
            Serial.println(lectura12);
            Serial.println(lectura13);
            Serial.println(lectura14);

// lecturas entre 1000 - 1023
// if (lectura >= 1000){
//     Serial.println(">> EL SENSOR ESTA DECONECTADO O
FUERA DEL SUELO <<");
// }
//     else if (lectura <1000 && lectura >= 600){
//         Serial.println(">> EL SUELO ESTA SECO <<");
//     }
//     else if (lectura < 600 && lectura >= 370){
//         Serial.println(">> EL SUELO ESTA HUMEDO <<");
//     }
//     else if (lectura < 370){
//         Serial.println(">> EL SENSOR ESTA PRACTICAMENTE EN
AGUA <<");
//     }

//Convirtiendo a Porcentaje
int lecturaPorcentaje1 = map(lectura1, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje2 = map(lectura2, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje3 = map(lectura3, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje4 = map(lectura4, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje5 = map(lectura5, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje6 = map(lectura6, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje7 = map(lectura7, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje8 = map(lectura8, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje9 = map(lectura9, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje10 = map(lectura10, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje11 = map(lectura11, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje12 = map(lectura12, 1023, 0, 0, 150);
int lecturaPorcentaje13 = map(lectura13, 1023, 0, 0, 150);

```

```

    int lecturaPorcentaje14 = map(lectura14, 1023, 0, 0, 150);
    Serial.print("La Humedad es del 1: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje1);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 2: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje2);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 3: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje3);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 4: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje4);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 5: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje5);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 6: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje6);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 7: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje7);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 8: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje8);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 9: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje9);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 10: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje10);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 11: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje11);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 12: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje12);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 13: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje13);
    Serial.println("%");
    Serial.print("La Humedad es del 14: ");
    Serial.print(lecturaPorcentaje14);
    Serial.println("%");
    myFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE); //abrimos el
    archivo

    if (myFile) {
    Serial.print("Escribiendo SD: ");
    int sensorH1 = analogRead(A1);
    int sensorH2 = analogRead(A2);
    int sensorH3 = analogRead(A3);
    int sensorH4 = analogRead(A4);
    int sensorH5 = analogRead(A5);
    int sensorH6 = analogRead(A6);
    int sensorH7 = analogRead(A7);

```

```

int sensorH8 = analogRead(A8);
int sensorH9 = analogRead(A9);
int sensorH10 = analogRead(A10);
    int sensorH11 = analogRead(A11);
    int sensorH12 = analogRead(A12);
    int sensorH13 = analogRead(A13);
    int sensorH14 = analogRead(A14);
myFile.print(millis());
myFile.print(",");
myFile.print(sensorH1);
myFile.print(",");
myFile.print(sensorH2);
myFile.print(",");
myFile.println(sensorH3);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH4);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH5);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH6);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH7);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH8);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH9);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH10);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH11);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH12);
    myFile.print(",");
myFile.println(sensorH13);

        myFile.print(",");
        myFile.println(sensorH14);
        myFile.close(); //cerramos el archivo

        myFile = SD.open("datalog.csv",
FILE_WRITE); //abrimos el archivo

    if (myFile) {
Serial.print("Escribiendo SD: ");

        myFile.print(lecturaPorcentaje1);
        myFile.println("%");
        myFile.print("La Humedad es del 2: ");
        myFile.print(lecturaPorcentaje2);
        myFile.println("%");
        myFile.print("La Humedad es del 3: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje3);
        myFile.println("%");
        myFile.print("La Humedad es del 4: ");

```

```

myFile.print(lecturaPorcentaje4);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 5: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje5);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 6: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje6);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 7: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje7);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 8: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje8);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 9: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje9);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 10: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje10);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 11: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje11);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 12: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje12);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 13: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje13);
myFile.println("%");
myFile.print("La Humedad es del 14: ");
myFile.print(lecturaPorcentaje14);
myFile.println("%");
myFile.close(); //cerramos el archivo

{
myFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);
if (myFile) {

myFile.print("Temperatura 1: ");
myFile.print(sensorT1.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 2: ");
myFile.print(sensorT2.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 3: ");
myFile.print(sensorT3.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 4: ");
myFile.print(sensorT4.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 5: ");
myFile.print(sensorT5.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 6: ");

```

```

    myFile.print(sensorT6.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
    myFile.print("Temperatura 7: ");
myFile.print(sensorT7.getTempCByIndex(0));
    myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 8: ");
    myFile.print(sensorT8.getTempCByIndex(0));
    myFile.println(",");
    myFile.print("Temperatura 9: ");
    myFile.print(sensorT9.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
myFile.print("Temperatura 10: ");
myFile.print(sensorT10.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
    myFile.print("Temperatura 11: ");
    myFile.print(sensorT11.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
    myFile.print("Temperatura 12: ");
myFile.print(sensorT12.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
    myFile.print("Temperatura 13: ");
myFile.print(sensorT13.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
    myFile.print("Temperatura 14: ");
myFile.print(sensorT14.getTempCByIndex(0));
myFile.println(",");
        myFile.close();

    } else {
        // if the file didn't open, print an error:
        Serial.println("Error al abrir el archivo");
    }
}}}
delay(50000);}

```

Anexo 3: Captura de pantalla de análisis estadístico de Correlación

CORRELACIÓN

The screenshot shows a software window titled "Untitled" with a menu bar and several toolbars. The menu bar includes: File, Edit, Transform, Plot, Univariate, Multivariate, Model, Diversity, Timeseries, Geometry, Stratigraphy, Script, and Help. The toolbars include: "Show" (Row attributes, Column attributes), "Click mode" (Select, Drag rows/columns), "Edit" (Cut, Copy, Paste, Select all), and "View" (Bands, Binary, Recover windows, Decimals). Below the toolbars is a grid with columns labeled A through P and rows numbered 1 through 29. The grid is currently empty.

Continuación...

Parametros fq.dat

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show Row attributes Column attributes

Click mode Select Drag rows/columns

Edit Cut Paste Copy Select all

View Bands Binary Decimals: -

	pH	C.E dS/m	M.O. %	C %	N %	P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal	N nítrico ppm	O	P
Blanco 1	7.81	15.2	35.86	20.8	2.28	4.26	2.77	9.12	7.67	1.29	49.72	0.54	0.15	0.17		
Blanco 2	7.78	17.6	43.91	25.47	1.13	4.38	3.14	22.54	8.89	1.41	47.58	0.66	0.11	0.4		
100ml 60/40	7.09	11.8	40.5	23.49	2.49	4.35	2.39	9.27	9.1	1.44	46.58	0.57	0.07	0.26		
200ml 60/40	7.62	17.3	37.31	21.64	2.5	4.35	3.9	8.65	10.57	1.77	47.62	0.91	0.11	0.22		
100ml 70/30	7.52	15.5	41.13	23.86	2.62	4.47	3.71	9.11	9.87	1.52	44.97	0.79	0.11	0.37		
200ml 70/30	7.38	12.2	44.13	25.6	2.78	4.38	2.53	9.2	9.66	1.64	42.69	0.82	0.15	0.31		
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
<																

Continuación...

Parametros fq.dat

File Edit Transform Plot **Univariate** Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show

Row attributes Column attributes

View

Bands Recover windows

Binary Decimals: -

	pH		P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal	N nítrico ppm	O	P
Blanco 1	7.81	1	4.26	2.77	9.12	7.67	1.29	49.72	0.54	0.15	0.17		
Blanco 2	7.78	1	4.38	3.14	22.54	8.89	1.41	47.58	0.66	0.11	0.4		
100ml 60/40	7.09	1	4.35	2.39	9.27	9.1	1.44	46.58	0.57	0.07	0.26		
200ml 60/40	7.62	1	4.35	3.9	8.65	10.57	1.77	47.62	0.91	0.11	0.22		
100ml 70/30	7.52	1	4.47	3.71	9.11	9.87	1.52	44.97	0.79	0.11	0.37		
200ml 70/30	7.38	1	4.38	2.53	9.2	9.66	1.64	42.69	0.82	0.15	0.31		
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
<													

- Summary statistics
- One-sample tests (t, Wilcoxon, single-case)
- Two-sample tests
- ANOVA etc. (several samples)
- Correlation**
- Intraclass correlation
- Normality tests
- Contingency table (chi^2 etc.)
- Mantel-Cochran-Haenszel test
- Risk/odds
- Single proportion test
- Multiple proportion CIs
- Ratios of counts CI
- Survival analysis
- Combine errors

Continuación...

Correlation

Table	Plot														
		pH	C.E dS/m	M.O. %	C %	N %	P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal	N nítrico ppn
pH			0,8217	-0,2817	-0,28148	-0,54469	-0,2589	0,45294	0,42911	-0,31012	-0,22392	0,55421	0,01051	0,55713	-0,024834
C.E dS/m	0,8217			-0,22263	-0,22263	-0,59552	0,050289	0,78515	0,50086	0,11789	0,075312	0,52253	0,2622	0,071841	0,16546
M.O. %	-0,2817	-0,22263			1	-0,25757	0,6185	-0,24447	0,51596	0,22555	0,11337	-0,72115	0,1727	-0,077443	0,85693
C %	-0,28148	-0,22263	1			-0,25721	0,61878	-0,24425	0,51566	0,22559	0,11341	-0,72146	0,17296	-0,076896	0,85703
N %	-0,54469	-0,59552	-0,25757	-0,25721			0,096528	-0,050246	-0,95867	0,36587	0,44013	-0,46925	0,34856	0,12029	-0,42029
P2O5 %	-0,2589	0,050289	0,6185	0,61878	0,096528			0,42289	0,11063	0,63666	0,37334	-0,6761	0,524	-0,29412	0,81638
K2O %	0,45294	0,78515	-0,24447	-0,24425	-0,050246	0,42289			0,020603	0,58757	0,48183	0,13983	0,65098	-0,069535	0,16831
C/N	0,42911	0,50086	0,51596	0,51566	-0,95867	0,11063	0,020603			-0,22021	-0,31408	0,19906	-0,20737	-0,10935	0,62781
CaO %	-0,31012	0,11789	0,22555	0,22559	0,36587	0,63666	0,58757	-0,22021			0,93247	-0,53981	0,90551	-0,28445	0,27408
MgO %	-0,22392	0,075312	0,11337	0,11341	0,44013	0,37334	0,48183	-0,31408	0,93247			-0,49747	0,93775	-0,033472	0,035734
Hd %	0,55421	0,52253	-0,72115	-0,72146	-0,46925	-0,6761	0,13983	0,19906	-0,53981	-0,49747			-0,517	-0,076011	-0,5079
Na %	0,01051	0,2622	0,1727	0,17296	0,34856	0,524	0,65098	-0,20737	0,90551	0,93775	-0,517			0,13474	0,21033
N amoniacal	0,55713	0,071841	-0,077443	-0,076896	0,12029	-0,29412	-0,069535	-0,10935	-0,28445	-0,033472	-0,076011	0,13474			-0,20535
N nítrico ppn	-0,024834	0,16546	0,85693	0,85703	-0,42029	0,81638	0,16831	0,62781	0,27408	0,035734	-0,5079	0,21033	-0,20535		

Correlation statistic

Linear r (Pearson)

Spearman's D

Spearman's rs

Kendall's tau

Polyserial rho

Partial linear

Table format

Statistic \ p(uncorr)

Statistic

p(uncorr)

Permutation p

Bonferroni correction

Close Copy Print Help

Anexo 4: Capturas de pantalla de prueba de Normalidad de Parámetros inorgánicos Físico Químicos

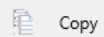
The screenshot shows a software window titled "Parametros ino.dat" with a menu bar including File, Edit, Transform, Plot, Univariate, Multivariate, Model, Diversity, Timeseries, Geometry, Stratigraphy, Script, and Help. The "Univariate" menu is open, displaying a list of statistical tests. The "Normality tests" option is highlighted in blue. Other options include Summary statistics, One-sample tests (t, Wilcoxon, single-case), Two-sample tests, ANOVA etc. (several samples), Correlation, Intraclass correlation, Contingency table (chi² etc.), Mantel-Cochran-Haenszel test, Risk/odds, Single proportion test, Multiple proportion CIs, Ratios of counts CI, Survival analysis, and Combine errors. The background shows a data table with columns G through P and rows 7 through 29. The first few rows contain data for "Pb ppm" with values: Blanco 1 (55.45), Blanco 2 (33.6), 100ml 60/40 (27.4), 200ml 60/40 (32.13), 100ml 70/30 (33.98), and 200ml 70/30 (26.13).

	Pb ppm
Blanco 1	55.45
Blanco 2	33.6
100ml 60/40	27.4
200ml 60/40	32.13
100ml 70/30	33.98
200ml 70/30	26.13
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	

Continuación...

Tests for normal distribution

	Pb ppm	Cd ppm	B ppm
N	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,767	0,9366	0,9333
p(normal)	0,0291	0,6319	0,6059
Anderson-Darling A	0,7038	0,2258	0,2848
p(normal)	0,03128	0,6839	0,5034
p(Monte Carlo)	0,0294	0,7571	0,56
Lilliefors L	0,3634	0,1677	0,248
p(normal)	0,01442	0,8619	0,296
p(Monte Carlo)	0,0139	0,879	0,3127
Jarque-Bera JB	2,082	0,5683	0,4218
p(normal)	0,3532	0,7527	0,8098
p(Monte Carlo)	0,022	0,5058	0,7178



Copy



Print

Monte Carlo N:

9999



Close



Help

Recompute

Continuación...

Parametros fq.dat

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show: Row attributes Column attributes

Click mode: Select Drag rows/columns

Edit: Cut Paste Copy Select all

View: Bands Binary Recover windows Decimals: -

	pH	C.E dS/m	M.O. %	C %	N %	P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal	N nítrico	ppm O	P
Blanco 1	7.81	15.2	35.86	20.8	2.28	4.26	2.77	9.12	7.67	1.29	49.72	0.54	0.15	0.17		
Blanco 2	7.78	17.6	43.91	25.47	1.13	4.38	3.14	22.54	8.89	1.41	47.58	0.66	0.11	0.4		
100ml 60/40	7.09	11.8	40.5	23.49	2.49	4.35	2.39	9.27	9.1	1.44	46.58	0.57	0.07	0.26		
200ml 60/40	7.62	17.3	37.31	21.64	2.5	4.35	3.9	8.65	10.57	1.77	47.62	0.91	0.11	0.22		
100ml 70/30	7.52	15.5	41.13	23.86	2.62	4.47	3.71	9.11	9.87	1.52	44.97	0.79	0.11	0.37		
200ml 70/30	7.38	12.2	44.13	25.6	2.78	4.38	2.53	9.2	9.66	1.64	42.69	0.82	0.15	0.31		
7	•															
8	•															
9	•															
10	•															
11	•															
12	•															
13	•															
14	•															
15	•															
16	•															
17	•															
18	•															
19	•															
20	•															
21	•															
22	•															
23	•															
24	•															
25	•															
26	•															
27	•															
28	•															
29	•															

Continuación...

Parametros fq.dat

File Edit Transform Plot **Univariate** Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show Row attributes Column attributes Column attributes

View Bands Binary Recover windows Decimals: -

- Summary statistics
- One-sample tests (t, Wilcoxon, single-case)
- Two-sample tests
- ANOVA etc. (several samples)
- Correlation
- Intraclass correlation
- Normality tests**
- Contingency table (chi^2 etc.)
- Mantel-Cochran-Haenszel test
- Risk/odds
- Single proportion test
- Multiple proportion CIs
- Ratios of counts CI
- Survival analysis
- Combine errors

	pH	P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	N amoniacal	N nítrico ppm	O	P
Blanco 1	7.81	0.26	2.77	9.12	7.67	1.29	49.72	0.54	0.15	0.17		
Blanco 2	7.78	0.38	3.14	22.54	8.89	1.41	47.58	0.66	0.11	0.4		
100ml 60/40	7.09	0.35	2.39	9.27	9.1	1.44	46.58	0.57	0.07	0.26		
200ml 60/40	7.62	0.35	3.9	8.65	10.57	1.77	47.62	0.91	0.11	0.22		
100ml 70/30	7.52	0.47	3.71	9.11	9.87	1.52	44.97	0.79	0.11	0.37		
200ml 70/30	7.38	0.38	2.53	9.2	9.66	1.64	42.69	0.82	0.15	0.31		
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												

Continuación...

Tests for normal distribution

— □ ×

	pH	C.E dS/m	M.O. %	C %	N %	P2O5 %	K2O %	C/N	CaO %	MgO %	Hd %
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,9342	0,8853	0,9175	0,9177	0,7531	0,93	0,9149	0,5328	0,9717	0,9777	0,9662
p(normal)	0,613	0,2945	0,4877	0,4891	0,02136	0,58	0,4695	6,51E-05	0,9033	0,9397	0,866
Anderson-Darling A	0,236	0,351	0,2711	0,2705	0,7541	0,3615	0,278	1,471	0,1952	0,17	0,2193
p(normal)	0,6435	0,3309	0,529	0,5303	0,02229	0,3093	0,5142	0,0001801	0,8018	0,8802	0,7099
p(Monte Carlo)	0,7267	0,3677	0,5892	0,5993	0,0221	0,3478	0,5776	0,0001	0,8646	0,9331	0,791
Lilliefors L	0,153	0,2097	0,1792	0,179	0,32	0,2457	0,1865	0,4782	0,1757	0,1616	0,1754
p(normal)	0,9465	0,5595	0,7896	0,7906	0,0527	0,309	0,7373	0,0001	0,813	0,8945	0,8147
p(Monte Carlo)	0,9414	0,5655	0,8033	0,8067	0,0552	0,3259	0,737	0,0001	0,8251	0,9093	0,8265
Jarque-Bera JB	0,5197	0,6217	0,5318	0,5321	2,339	0,01304	0,6472	3,531	0,2939	0,3444	0,288
p(normal)	0,7712	0,7328	0,7665	0,7664	0,3104	0,9935	0,7235	0,1711	0,8634	0,8418	0,8659
p(Monte Carlo)	0,5738	0,428	0,5549	0,5608	0,0149	0,9982	0,394	0,0001	0,8552	0,8045	0,8709

< >

Anexo 5: Captura de pantalla de prueba ANOVA (Tukey).

Comparación de las muestras con 60 por ciento de gallinaza y 40 por ciento de rastrojo vegetal.

100ml Tukey.dat

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show: Row attributes Column attributes

Click mode: Select Drag rows/columns

Edit:

View: Bands Binary Recover windows Decimals: -

	Blanco 1	100/60%	200/60%	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	• 73	61	57													
2	• 72,9	56	60													
3	• 73,1	58	55													
4	•															
5	•															
6	•															
7	•															
8	•															
9	•															
10	•															
11	•															
12	•															
13	•															
14	•															
15	•															
16	•															
17	•															
18	•															
19	•															
20	•															
21	•															
22	•															
23	•															
24	•															
25	•															
26	•															
27	•															
28	•															
29	•															

Continuación...

100ml Tukey.dat

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show
 Row attributes
 Column attributes

View
 Bands Recover windows
 Binary Decimals: -

- Summary statistics
- One-sample tests (t, Wilcoxon, single-case)
- Two-sample tests
- ANOVA etc. (several samples)**
 - Several-sample tests (ANOVA, Kruskal-Wallis)**
 - Several-sample repeated measures tests
 - Two-way ANOVA
 - Two-way ANOVA without replication
 - Two-way repeated measures ANOVA
 - One-way ANCOVA
- Correlation
- Intraclass correlation
- Normality tests
- Contingency table (chi² etc.)
- Mantel-Cochran-Haenszel test
- Risk/odds
- Single proportion test
- Multiple proportion CIs
- Ratios of counts CI
- Survival analysis
- Combine errors

	Blanco 1		K	L	M	N	O	P
1	73							
2	72,9							
3	73,1							
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								

Continuación...

Several-sample tests

One-way ANOVA | Residuals | **Tukey's pairwise** | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney pairwise | Dunn's post hoc

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

Copenhaver-Holland 1988

	Blanco 1	100/60%	200/60%
Blanco 1		0,0003053	0,0002108
100/60%	12,36		0,8274
200/60%	13,2	0,8426	

Comparación de las muestras con 70 por ciento de gallinaza y 30 por ciento de rastrojo vegetal.

100ml Tukey.dat

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show: Row attributes Column attributes

Click mode: Select Drag rows/columns

Edit: Cut Paste Copy Select all

View: Bands Binary Recover windows Decimals: -

	Blanco 2	100/70%	200/70%	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	• 71	61	57													
2	• 70,09	61	58													
3	• 71,1	59	62													
4	•															
5	•															
6	•															
7	•															
8	•															
9	•															
10	•															
11	•															
12	•															
13	•															
14	•															
15	•															
16	•															
17	•															
18	•															
19	•															
20	•															
21	•															
22	•															
23	•															
24	•															
25	•															
26	•															
27	•															
28	•															
29	•															
30	•															

Continuación...

The screenshot shows a statistical software window titled "100ml Tukey.dat". The menu bar includes File, Edit, Transform, Plot, Univariate, Multivariate, Model, Diversity, Timeseries, Geometry, Stratigraphy, Script, and Help. The "Univariate" menu is open, showing options like Summary statistics, One-sample tests, Two-sample tests, ANOVA etc. (several samples), Correlation, Intra-class correlation, Normality tests, Contingency table, Mantel-Cochran-Haenszel test, Risk/odds, Single proportion test, Multiple proportion CIs, Ratios of counts CI, Survival analysis, and Combine errors. The "ANOVA etc. (several samples)" option is selected, and its sub-menu is open, showing options like Several-sample tests (ANOVA, Kruskal-Wallis), Several-sample repeated measures tests, Two-way ANOVA, Two-way ANOVA without replication, Two-way repeated measures ANOVA, and One-way ANCOVA. The background shows a data grid with columns K, L, M, N, O, P and rows 1-29. The first column is labeled "Blanco 2" and contains values 71, 70,09, 71,1, and 71,1 for rows 1-4 respectively.

	Blanco 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	71																													
2	70,09																													
3	71,1																													
4	71,1																													

Continuación...

Several-sample tests

One-way ANOVA | Residuals | **Tukey's pairwise** | Kruskal-Wallis | Mann-Whitney pairwise | Dunn's post hoc

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
Significant comparisons are pink.

Copenhaver-Holland 1988

	Blanco 2	100/70%	200/70%
Blanco 2		0,0007097	0,0003648
100/70%	10,61		0,6248
200/70%	11,97	1,361	

Comparación entre los blancos.

Tukey entre ensayos.dat

File Edit Transform Plot Univariate Multivariate Model Diversity Timeseries Geometry Stratigraphy Script Help

Show: Row attributes Column attributes

Click mode: Select Drag rows/columns

Edit: Cut Paste Copy Select all

View: Bands Binary Recover windows Decimals: -

	100/60%	200/60%	100/70%	200/70%	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	61	57	61	57												
2	56	60	61	58												
3	58	55	59	62												
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																

Continuación...

The screenshot shows a statistical software window titled "Tukey entre ensayos.dat". The "Univariate" menu is open, displaying a list of statistical tests. The "ANOVA etc. (several samples)" option is selected, which has opened a sub-menu. The sub-menu lists several statistical tests: "Several-sample tests (ANOVA, Kruskal-Wallis)", "Several-sample repeated measures tests", "Two-way ANOVA", "Two-way ANOVA without replication", "Two-way repeated measures ANOVA", and "One-way ANCOVA".

The background shows a data grid with columns labeled K, L, M, N, O, and P. The first column has a "100/60%" label. The rows are numbered 1 through 29. The first few rows have data points: Row 1 has a dot and the number 57; Row 2 has a dot and 56; Row 3 has a dot and 58. The rest of the rows have a single dot.

Continuación...

The screenshot shows a software window titled 'Tukey entre ensayos.dat'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Transform', 'Plot', 'Univariate', 'Multivariate', 'Model', 'Diversity', 'Timeseries', 'Geometry', 'Stratigraphy', 'Script', and 'Help'. The 'Univariate' menu is open, listing various statistical tests. The 'ANOVA etc. (several samples)' option is highlighted, which has opened a sub-menu. The sub-menu contains the following options: 'Several-sample tests (ANOVA, Kruskal-Wallis)', 'Several-sample repeated measures tests', 'Two-way ANOVA', 'Two-way ANOVA without replication', 'Two-way repeated measures ANOVA', and 'One-way ANCOVA'. The background shows a data grid with columns labeled K, L, M, N, O, P and rows numbered 1 through 28. A '100/60%' zoom level is indicated in the top left of the grid area.

Anexo 6: Resultados de laboratorios



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : DIEGO WU LOLI
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
MUESTRA : RASTROJO VEGETAL
REFERENCIA : H.R. 68330
FECHA : 28/05/2019

N. Lab	CLAVE DE CAMPO	C %	N %
2333		49.97	1.55



Sady García Bendezu
Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO WU LOLI
PROCEDENCIA : LIMA
MUESTRA DE : GALLINAZA
REFERENCIA : H.R. 68304
FECHA : 28/05/19

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	C %	N %
432	-	8.49	7.74	48.97	2.15



Sady García Bendezú
Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO WU LOLI
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 69666
BOLETA : 3417
FECHA : 05/09/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
832	MUESTRA M3	7.81	15.20	35.86	2.28	4.26	2.77
833	MUESTRA M8	7.78	17.60	43.91	1.13	4.28	3.14
834	100 ML 60/40	7.09	11.80	40.50	2.49	4.35	2.39
835	200 ML 60/40	7.62	17.30	37.31	2.50	4.35	3.90

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
832	MUESTRA M3	7.67	1.29	49.72	0.54
833	MUESTRA M8	8.89	1.41	47.58	0.66
834	100 ML 60/40	9.10	1.44	46.58	0.57
835	200 ML 60/40	10.57	1.77	47.62	0.91

N° LAB	CLAVES	N amoniacal ppm	N nitrico ppm	Pb ppm	Cd ppm	B ppm
832	MUESTRA M3	0.15	0.17	55.45	2.83	47
833	MUESTRA M8	0.11	0.40	33.60	2.48	43
834	100 ML 60/40	0.07	0.26	27.40	3.23	54
835	200 ML 60/40	0.11	0.22	32.13	2.10	74



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO WU LOLI
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
MUESTRA DE : COMPOST
REFERENCIA : H.R. 69666
BOLETA : 3417
FECHA : 05/09/19

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
836	100 ML 70/30	7.52	15.50	41.13	2.62	4.47	3.71
837	200 ML 70/30	7.38	12.20	44.68	2.78	4.38	2.53

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
836	100 ML 70/30	9.87	1.52	44.97	0.79
837	200 ML 70/30	9.66	1.64	42.69	0.82

Nº LAB	CLAVES	N amoniaco ppm	N nitrico ppm	Pb ppm	Cd ppm	B ppm
836	100 ML 70/30	0.11	0.37	33.98	2.20	58
837	200 ML 70/30	0.15	0.31	26.13	3.53	58


Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DIEGO WU LOLI
PROCEDENCIA : LIMA
MUESTRA DE : GALLINAZA
REFERENCIA : H.R. 72013
BOLETA : 4073
FECHA : 10/03/2020

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
230		14.78	0.42	3.58



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio