



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

SÍNTESIS Y EXTRACCION DE SUSTANCIAS HÚMICAS A PARTIR DE RESIDUOS
ORGÁNICOS COMPOSTADOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA

ALIMENTARIA LIMA PERU-2022

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Autor:

Guzmán Bautista, Jorge Hilario

Asesor:

López Bulnes, Jorge Luis

(ORCID: 0000-0002-9583-1143)

Jurado:

Noé Sabino Zamora Talaverano

Jorge Leonardo Jave Nakayo

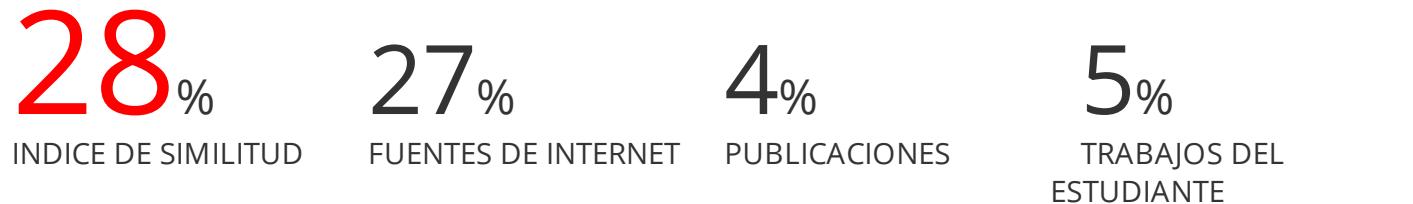
Juana Rosa Ramos Vera

Lima - Perú

2023

SINTESIS Y EXTRACCION DE SUSTANCIAS HÚMICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMPOSTADOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA LIMA PERU-2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	revista.unibagua.edu.pe	14%
2	hdl.handle.net	2%
3	1library.co	1%
4	renati.sunedu.gob.pe	1%
5	dspace.umh.es	1%
6	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
8	zaguan.unizar.es	<1%



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSTGRADO
SÍNTESIS Y EXTRACCION DE SUSTANCIAS HÚMICAS A PARTIR DE
RESIDUOS ORGÁNICOS COMPOSTADOS PROVENIENTES DE LA
INDUSTRIA ALIMENTARIA LIMA PERU-2022

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de

Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor:

Guzmán Bautista, Jorge Hilario

Asesor:

López Bulnes, Jorge Luis

ORCID 0000-0002-9583-1143

Jurados:

Noé Sabino Zamora Talaverano

Jorge Leonardo Jave Nakayo

Juana Rosa Ramos Vera

Lima – Perú

2023

Título:

Síntesis y extracción de sustancias húmicas a partir de residuos orgánicos compostados
provenientes de la industria alimentaria lima peru-2022

INDICE

RESUMEN.....	08
ABSTRACT	09
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Planteamiento del problema.....	10
1.2. Descripción del problema	10
1.3. Formulación del Problema.....	11
– Problema General.....	11
– Problemas Específicos	11
1.4. Antecedentes	12
1.5. Justificación de la investigación	18
1.6. Limitaciones de la investigación.....	19
1.7. Objetivos	19
– Objetivo General	19
– Objetivos Específicos.....	19
1.8. Hipótesis	20
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Marco conceptual	22
2.2 Marco Filosófico.....	26
2.3 Marco Teórico.....	27
III. MÉTODO	39
3.1 Tipo de Investigación	39

3.2 Población y muestra.....	40
3.3 Operacionalización de variables	40
3.4 Instrumentos	48
3.5 Procedimientos	48
3.6 Análisis de datos.....	54
3.7 Consideraciones Éticas	56
IV. RESULTADOS	57
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	62
VI. CONCLUSIONES	84
VII. RECOMENDACIONES.....	85
VIII. REFERENCIAS	86
IX. ANEXOS	108
Anexo A.....	109
Anexo B	112
Anexo C	113
Anexo D.....	114
Anexo E	119
Anexo F	122
Anexo G.....	124

INDICE DE TABLAS

Tabla 01.....	42
Tabla 02	47
Tabla 03	52
Tabla 04.....	55
Tabla 05	56
Tabla 06	58
Tabla 07.....	58
Tabla 08.....	58
Tabla 09.....	59
Tabla 10.....	59
Tabla 11.....	60
Tabla 12.....	60
Tabla 13.....	60
Tabla 14.....	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 01	28
Figura 02	31
Figura 03	34
Figura 04	35
Figura 05	36
Figura 06	37
Figura 07	53
Figura 08	62
Figura 09	63
Figura 10	64
Figura 11	65
Figura 12.....	66
Figura 13	67
Figura 14	69
Figura 15	70
Figura 16	71
Figura 17	72
Figura 18	73
Figura 19	74
Figura 20	75
Figura 21	76

Figura 22	77
Figura 23	78
Figura 24.....	79
Figura 25	80
Figura 26.....	81
Figura 27.....	82

RESUMEN

Ante el aumento de los residuos sólidos a nivel nacional y mundial, y en gran proporción el de los residuos alimentarios; el problema se agudiza por los diferentes factores incidentes poco manejables y reducidas alternativas o tecnologías sostenibles. En ese sentido la investigación tuvo como objetivo la síntesis y extracción de sustancias húmicas de residuos orgánicos previamente compostados agregando tierra de montaña conteniendo microorganismos activados seguido de la humificación. Los resultados de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 fueron: rendimiento: 41.35 ± 2.25 ; 42.70 ± 0.35 ; 40.25 ± 0.55 ; 35.66 ± 0.65 ; humedad (%): 55.5 ± 0.85 ; 49.5 ± 0.66 ; 53.3 ± 0.45 ; 54.2 ± 0.55 , pH: 6.84 ± 0.1 ; 6.94 ± 0.1 ; 7.26 ± 0.1 ; 5.58 ± 0.1 ; temperatura (°C): 25.16 ± 2 ; 23.5 ± 2 , 23.16 ± 2 ; 23.00 ± 2 ; conductividad eléctrica (dS/m) 27.37 ± 0.3 , 18.20 ± 0.3 , 15.32 ± 0.3 , 12.56 ± 0.3 ; capacidad de intercambio catiónico (CIC)(meq/100g): 9.60 ± 0.5 , 23.20 ± 0.5 , 27.3 ± 0.5 , 26.3 ± 0.5 ; carbono orgánico total (COT) (%): 32.8 ± 0.3 ; 33.9 ± 0.3 ; 31.7 ± 0.3 ; 31.1 ± 0.3 ; nitrógeno total (%): 0.36 ± 0.1 ; 1.05 ± 0.1 ; 1.46 ± 0.1 ; 1.03 ± 0.1 ; fósforo total (%): 1.16 ± 0.1 ; 1.10 ± 0.1 ; 1.20 ± 0.1 ; 1.03 ± 0.1 . La relación C/N fue: 12.53 ± 0.7 ; 8.65 ± 0.8 ; 11.98 ± 0.8 ; 13.13 ± 0.8 ; los ácidos húmicos se cuantificó por espectrofotometría ultravioleta (UV-vis) (380nm a 460nm): (%) 3.44 ± 0.5 ; 3.30 ± 0.5 ; 3.56 ± 0.5 ; 2.54 ± 0.5 , los ácidos fúlvicos: (%) 1.31 ± 0.3 ; 1.46 ± 0.3 ; 1.28 ± 0.3 ; 0.83 ± 0.3 . Mediante la espectrometría FTIR, encontró grupos químicos en T1, T2 y T3. La eficacia se midió con el índice de germinación en la semilla del maíz, en 5 tratamientos TC1, TC2, TC3, TC4, TSC5 con 3 repeticiones en un diseño DCA existiendo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos TC4 y TSC5 al aplicar la prueba de Tukey.

Palabras clave: *sustancias húmicas, compostación, humificación, residuos orgánicos.*

ABSTRACT

Given the increase in solid waste at the national and global levels, and a large proportion of food waste, the problem is exacerbated by the different incident factors that are unmanageable and small alternatives or sustainable technologies. In this sense, the research aimed at the synthesis and extraction of humic substances from previously composted organic waste by adding mountain soil containing activated microorganisms followed by humification. The final results of the treatments T1, T2, T3 and T4 were: performance: 41.35. 25; 42.70 \pm 0.35; 40.25 \pm 0.55; 35.66 \pm 0.65; humedad (%) 55.5 \pm 0.85; 49.5 \pm 0.66; 53.3 \pm 0.45; 54.2 \pm 0.55, pH: 6.84 \pm 0.1; 6.94 \pm 0.1; 7.26 \pm 0.1 5.58 \pm 0.1; temperatura (°C): 25.16 \pm 2; 23.5 \pm 2, 23.16 \pm 2; 23.00 \pm 2; conductividad eléctrica (dS/m) 27.37 \pm 0.3, 18.20 \pm 0.3, 15.32 \pm 0.3, 12.56. \pm 0.3; capacidad de intercambio catiónico (CIC)(meq/100g): 9.60 \pm 0.5, 23.20 \pm 0.5, 27.3 \pm 0.5, 26.3 \pm 0.5; carbono orgánico total (COT) (%): 32.8 \pm 0.3; 33.9 \pm 0.3 31.7 \pm 0.3; 31.1 \pm 0.3; nitrógeno total (%): 0.36 \pm 0.1; 1.05 \pm 0.1; 1.46 \pm 0.1; 1.03 \pm 0.1; fósforo total (%): 1.16 \pm 0.1; 1.10 \pm 0.1; 1.20 \pm 0.1; 1.03 0.1. The C/N ratio was: 12.53 0.7; 8.65 0.8; 11.98 0.8; 13.13 0.8; humic acids were quantified by ultraviolet spectrophotometry (UV-vis) (380 nm at 460 nm): (%) 3.44 0.5; 3.30 0.5; 3.56 0.5; 2.54 0.5; fulvic acids: (%) 1.31; 1.3.46; 1.1.1.1.83; 0.83; 83; 83; 0.83. With ATR. Device (Attenuated Total Reflectance) FTIR spectrometry found chemical groups in T1 and T2. The efficacy was measured with the germination index in corn seed, in 5 treatments TC1, TC2, TC3, TC4, TSC5 with 3 repetitions in a DCA design with significant differences between the means of TC4 and TSC5 treatments when applying the Tukey test.

Keywords: humic substances, composting, humification, organic waste.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Las sustancias húmicas provienen de la descomposición de la materia orgánica poseyendo una gran cantidad de grupos fenólicos y carboxílicos (Méndez-Martínez et al., 2020) proveyendo características para el desarrollo de cultivos agrícolas. Las sustancias húmicas son parte del material orgánico heterogéneo y complejo del suelo (Kloster et al., 2022), con actividad biológica, física y fisicoquímica, reacomodan estructuralmente el suelo (Fascella et al., 2021), así como su actividad remediadora frente a los metales pesados (Leyva y Castillo, 2022). Contribuyen en los cultivos promoviendo la fisiología vegetal y la producción en escala (Hita-Mejía, 2020) y tienen como fuente principal a la leonardita y de lixiviados (Contreras et al., 2021); asimismo tienen como fuentes a compostados de residuos vegetales (Sui et al., 2021). En ese sentido, el presente trabajo plantea la necesidad de obtener sustancias húmicas producto de la compostación y humificación de residuos orgánicos provenientes de la agroindustria alimentaria.

1.2 Descripción del problema

En el primer mundo, así como en países en vías de industrializarse y en desarrollo, los residuos orgánicos alimentarios de la cadena agroalimentaria son aproximadamente más del 48 % de los residuos totales, según el Banco Mundial (2018). Desde 1945, la Food and Agriculture Organization (FAO), viene reconociendo y manejando el incremento de la estadística descriptiva de los residuos alimentarios en sus distintos puntos de generación y disposición, mediante programas de acción de control permanente en los países productores de alimentos. Pese a ello han transcurrido más de siete décadas y el problema crece, pues la situación se torna insostenible debido a una falta de política poblacional con crecimientos desproporcionados, con estilos de vida no frugales, consumismo alimentario desenfrenado y con pocas alternativas de uso o tecnologías

de bajo costo como es el vermicompost (Blanco, 2023). En ese escenario se requiere una atención integral, ya que, en los próximos 30 años, los residuos totales globalmente incrementarán por encima del 80% con respecto a los niveles actuales (Banco Mundial, 2018) y las alternativas de mitigación o hacer frente al cambio climático son reducidas (Yang y Antonietti, 2020). En el país los volúmenes de residuos orgánicos van por encima del 45% y llegan hasta un 60% del total de residuos sólidos, rango registrado entre los años 2011 y el 2020; proveniente de residuos municipales según INEI (2022). En el 2021 se generó 22 505 toneladas de residuos sólidos municipales al día (MINAM 2022), de los cuales el 60 % su disposición final fue la adecuada y la diferencia en lugares no autorizados. El problema de los residuos de orgánicos se debe a factores diversos, que son materia de manejo disciplinado, organizado, técnico económico y social (Barrera y Hurtado 2020) en proyectos integrales de gestión en las diversas cadenas de suministros de alimentos (Valdivia y Guardia 2023).

1.3 Formulación del Problema

- **Problema General**

- ¿Cómo identificar la síntesis y extracción de sustancias húmicas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Perú-2022?

- **Problemas específicos**

- ¿De qué manera una propuesta metodológica, utilizando un diseño de paquetes diferentes de compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria, permiten la síntesis de sustancias húmicas?
 - ¿En qué medida el uso de microorganismos activados de tierra de montaña activados mediante fermentación anaeróbica, mejora la eficiencia de la

compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria, permiten la síntesis de sustancias húmicas?

- ¿Las sustancias húmicas de calidad, en qué medida provienen de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de los residuos de la industria alimentaria, previamente compostados y humificados?
- ¿En qué medida la compostación y humificación redujeron los volúmenes de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de las plantas agro-procesadoras de la industria alimentaria?

1.4 Antecedentes

-Antecedentes internacionales

Chang et al. (2019), “Efectos del compost del desperdicio de los alimentos en el cambio de la comunidad microbiana en condiciones de suelos saturados e insaturados”. Se realizó la investigación lográndose comprobar que dicho compost, agregándole concentraciones de nitrógeno, potasio y fosforo, ofrece una mejora significativa de propiedades del suelo como la densidad aparente del suelo, la retención del agua, sin embargo, cuando el compost proviene directamente de residuo orgánicos de alimentos, éste genera sales como el cloruro de sodio el cual permite un cambio en la comunidad de microrganismos reduciendo su actividad benéfica. La aplicación de este compost mejorado con los minerales incrementó los niveles de pH (de 6.5 a 7), conductividad eléctrica (de 3dS a 5dS), carbono total (de 50% al 60%) y microorganismos benéficos (de 10^7 a 10^9 microorganismos por gramos de suelo) pero reduciendo la actividad de estos en el suelo, por la presión osmótica inducida por las sales de sodio generada.

Capasso et al. (2020), “Macromolecular structure of a commercial humic acid sample”.

En esta investigación experimental se evaluó la estructura molecular de los ácidos húmicos (HA) a través de diálisis de membrana (MD) y cromatografía de exclusión por tamaño a baja presión (LP-SEC). Después de haber hecho las pruebas respectivas, se comprobó que las muestras estudiadas arrojan una arquitectura molecular “MACRO” en vez de ser un agregado supramolecular de moléculas pequeñas. El tema toma importancia por el hecho de hacer un parangón de muestras obtenidas de distintos orígenes o fuentes de ácidos húmicos.

Zhang et al. (2023), “Green waste and sewage sludge feeding ratio alters co-composting performance: emphasis on the role of bacterial community during humification”. En la investigación se comparó el compostaje con cinco niveles de residuos verdes y lodos de agua residuales en diferentes proporciones de alimentación y su afectación en el rendimiento del compostaje y la humificación. Dichas proporciones afectaron a los nutrientes y a la estabilidad del compost, así como a la mineralización y fueron incididas más por una mayor proporción de lodos residuales. La comunidad bacteriana (Bacteroidetes, Proteobacteria y Acidobacteria) también fue afectada por la relación de alimentación de materias primas y éstas a su vez influenciaron sobre la concentración de ácido húmico. El modelo de optimización que presenta este trabajo concluye que la relación de alimentación de materias primas en la humificación superó los efectos de factores ambientales (47% contra 20%) en la estructura de la comunidad bacteriana que mejora el rendimiento de compostaje y sustancias húmicas.

Sacomori et al. (2021). “Accumulation of humic substances in an oxisol fertilized with pig slurry for 15 years”. La investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de carbono orgánico del suelo y su distribución en fracciones de sustancias húmicas en una fracción de suelo fertilizado con purines de cerdo durante 15 años. Los tratamientos con purines de cerdo fueron a

0, 25, 50,100,200 m³/ha/año más un fertilizante mineral y fertilizante mineral combinado con purines de cerdo. Se evaluaron las capas de suelo de 0-2.5, 2.5-5, 5-10, 10-20, 20-40 y 40-60 cm para determinar el contenido de carbono orgánico y las fracciones de ácido húmico, acido fúlvico, huminas y la relación E4/E6 de las sustancias húmicas. Las conclusiones a las que se llegaron fue que los incrementos de los contenidos de purines de cerdo aumentaron el contenido de carbono en capas del suelo que van de 5-10 cm de profundidad, sin embargo, disminuyeron la proporción de fracciones de ácido húmico y fúlvico del suelo; y la proporción E4/E6 (índice de humificación) fue mayor con el fertilizante mineral que cuando se utilizó los purines de cerdo.

Alarcón et al. (2018), “Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y fisicoquímicos de la calidad del tomate”. se evaluó la eficiencia de los ácidos húmicos en las plántulas del tomate, en concentraciones de 250, 500, 750 y 1000 mg/L. Se empleo 5 tratamientos con 5 repeticiones mediante un diseño de bloques al azar (DBA). Los ácidos húmicos empleados dieron respuesta positiva sobre los indicadores evaluados, logrando valores de pH, solidos solubles totales/acidez titulable diferentes y con mejoras, así como la reducción de la acidez titulable y la pérdida de peso del fruto en comparación con el control, obteniéndose diferencias significativas con la concentración de 500 mg/L de ácidos húmicos.

Mansi et al. (2020), “Microbes as vital additives for solid waste composting”. Este trabajo realizado en la India consistió en evaluar el compostaje mediante la sucesión microbiana marcando la degradación y estabilización de la materia orgánica. Se tuvo tres reactores aireados a escala de laboratorio: inoculando al compost Aspergillus níger en el primero, en el segundo solo compost viejo y en el tercer reactor un control. Se comprobó que el proceso de compostacion y el producto mejoró significativamente al agregar un cultivo microbiano, haciéndolo eficaz, económico y ecológicamente adecuado.

Kałuża-Hałdyn et al. (2019). “Humic substances of differently matured composts produced from municipal solid wastes and biomass of energetic plants”. El objetivo fue estudiar

la obtención de sustancias húmicas durante el compostaje de biomasa de plantas y residuos sólidos orgánicos urbanos. El compost producido a partir de la mezcla de sauce energético y biomasa de heno contiene sustancias húmicas con una mayor proporción de fracciones de bajo peso molecular y una menor proporción de ácidos húmicos en la fracción del carbono orgánico total, producidos a partir de residuos. Finalmente se concluye que el tipo de material orgánico a compostar y el tipo de tecnología utilizada afectan el curso de la transformación de las sustancias húmicas y la formación de los parámetros de madurez del compost.

Testa y Tummino, (2021), “Lignocellulose biomass as a multifunctional tool for sustainable catalysis and chemicals: an overview”. En esta investigación el objetivo fue presentar una descripción concisa de las múltiples funciones de la biomasa lignocelulósica en el amplio campo de la catálisis para un desarrollo sostenible, como material activo (es decir, sustancias húmicas como fotosensibilizadores). Se destaca la importancia de la valorización de los residuos que a menudo representan un riesgo biológico si no se desechan adecuadamente, constituyéndose las sustancias de tipo húmico foto catalíticamente compuestos activos, capaces de eliminar los contaminantes del agua bajo la irradiación de luz, a través de la producción de especies excitadas.

Soto et al. (2019) “Estudio de un proceso de compostaje de estiércol de conejo mediante técnicas espectroscópicas y análisis de ácidos húmicos y fúlvicos”. En este estudio se hace una propuesta de compostaje de estiércol de conejo con otros materiales estructurantes (viruta, orina, pelo y paja de cebada) durante diez semanas y 5 semanas más de maduración, realizándose análisis de las muestras de los parámetros básicos del proceso: temperatura, humedad, pH, CE, C/N y otros. Asimismo, se estudió las transformaciones que sufría la materia orgánica durante el proceso mediante un método espectroscópico (FTIR), que permitió evaluar la composición química de la materia orgánica, sobre todo la transformación de la misma, de compuestos sencillos a más

complejos, identificados por las reacciones de polimerización que son característicos de un material humificado.

-Antecedentes nacionales

García et al. (2019), “Revisión sobre la relación estructura-función de las sustancias húmicas y su regulación del metabolismo oxidativo de las plantas”. La siguiente revisión trata sobre la relación estructura-función de las sustancias húmicas y su regulación del metabolismo oxidativo en plantas. Tiene como objetivo mostrar que dichos componentes químicos tienen un patrón estructural independiente de la fuente. Las diferentes fuentes les dan propiedades particulares a las sustancias húmicas, sobre todo propiedades químicas de aromaticidad, hidrofobicidad, alifaticidad; tan importantes en las diferentes funciones que realiza en el suelo.

Santos (2019), “Caracterización de compost de residuos del cultivo de musa paradisiaca, usando estiércol, aserrín y microorganismos eficientes en el distrito de Yuyapichis, provincia de puerto Inca- Huánuco 2019”. En esta investigación se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones por cada tratamiento para la elaboración del compost, con un total de nueve análisis. El primero (T1), contó con los residuos del cultivo del plátano, aserrín, estiércol de carnero y macroorganismos eficaces, el segundo tratamiento (T2) varió solo el estiércol de carnero por el de vacuno, manteniéndose constante los demás componentes; y el tercer tratamiento (T3) tuvo los mismos componentes del T2 menos los microorganismos eficaces. Los valores de nitrógeno, fosforo y materia orgánica no mostraron significancia, sin embargo, el potasio, pH y la conductividad eléctrica resaltan números diferentes, siendo el T2 más elevado el potasio y el T3 dio los mejores resultados de pH y conductividad eléctrica. Se concluye que para nivelar las cantidades de nitrógeno se requiere 315.5 sacos de compost que equivale a 7.2 sacos de urea, para una producción de 45 toneladas de producto abonada y fertilizada con compost.

Pérez (2023). “Calidad y grupos funcionales microbianos del compost de residuos agropecuarios por efecto de dos biofermentos (montaña y bambusal)”. La siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost de residuos agropecuarios con biofermento de montaña (T1) y biofermento de Bambusal (T2) mediante dos tratamientos y seis repeticiones evaluados al término de 37 días. Hubo diferencia estadística ($p<0.5$) en parámetros de conductividad eléctrica (CE), destacando el T1 con 0.567 dS/m y 0.523 dS/m para el T2, en materia orgánica en base seca destacó el T2 con 82.64 % a comparación del T1 con 80.93%; en cuanto a las cenizas, destacó el T1 con 19.07 % en comparación con el T1 con 17.36%. No hay diferencias del contenido de Nitrógeno, aunque si en fósforo, potasio, calcio y sodio. En cuanto a los microminerales el T2 contiene mayores cantidades de Cu, Mn y Zn, a comparación de T1. En conclusión, ambos biofermentos actúan de manera similar en la calidad del abono, debido a sus particularidades características.

Vera (2018), “Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa Copeinca SAC.” En la investigación se evaluó el compost elaborado a partir de desechos orgánicos de la planta de procesamiento de pescado y restos vegetales como la pajilla de arroz, donde las medidas del proceso fueron la temperatura y el control del pH, obteniéndose un producto de características físicas y químicas de calidad según los demás reportes fisicoquímicos. Otros de los impactos positivos de esta investigación fue reducir costos de disposición de residuos, así como la utilización del compost en la elaboración de abono orgánico para la mejora de áreas verdes en la empresa COPEINCA SAC.

Gutiérrez (2022). “Influencia de cuatro abonos foliares en el crecimiento de plántulas de cafeto (*Coffea arábica* l.) a nivel de vivero en Santa Ana- La Convección”. En esta investigación se estableció el mejor abono foliar que juntamente con los ácidos húmicos permitieron el mayor

crecimiento de plántulas de cafeto (*Coffea arábica L.*) en donde utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones se obtuvo los siguiente: Tratamiento T-1 presento las mejores características para la altura de plántula, diámetro y área foliar, el T-2 solo presento mayor longitud de la plántula y el T-3 obtuvo solo la mayor área foliar. El cuarto abono no fue significativo.

Díaz et al. (2022), “Caracterización fisicoquímica de compost producido con residuos orgánicos obtenidos del mercado mayorista de Chota, Cajamarca, Perú.” En este estudio se caracterizó fisicoquímicamente a los compost producidos con los residuos orgánicos del Mercado Mayorista de Chota, Cajamarca. Utilizando el potenciómetro para medir el pH, el termómetro digital y la ficha de registro, se tomaron datos que se compararon con la norma chilena 2880; determinando parámetros de calidad como la relación C/N, nitrógeno y fósforo encontrándose dentro de la norma, excepto la materia orgánica, que está por debajo de la norma. El pH (5.0-7.5) y la humedad (29-38%) se mantuvieron durante todo el proceso, cumpliéndose que el compost es del tipo A, y que el paquete compostal que tiene 80 Kg de residuos de frutas, 6 kg de residuos de cosechas, tienen altos valores de pH, materia orgánica, fosforo, potasio, carbono y nitrógeno.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

La investigación sirvió para corroborar que los residuos orgánicos, después de compostarse se transforman en insumos para mejorar los suelos; económica y socialmente viable con índices de beneficio/costo mayor a la unidad, que serán rentables en el mediano y largo plazo. Dichos procesos disminuyen la polución y provocan impactos positivos, con planteamientos de mejoras al problema de residuos. La investigación en lo que respecta a las actividades de acopio de residuos orgánicos permite actividades benéficas para las sociedades que se apoyan dentro de una economía circular, reciclando productos que tienen un potencial uso luego de procesarse como se plantea.

Lo novedoso está en incluir tierra traída de la biosfera de Oxapampa, conteniendo microorganismos que fueron activados con melaza, con el objetivo de agilizar, apresurar la compostación y la humificación, y el segundo aspecto es el acomodo o reordenamiento vertical ordenado de residuos orgánicos en las pilas de compostaje, con la finalidad de buscar un armado estructural del compost.

1.6 Limitaciones de la investigación

La limitante más crítica fue la capacidad financiera y económica para afrontar el proyecto, ya que los análisis de las sustancias húmicas requieren de altos presupuestos porque son costosos, además se recurrió a laboratorios especializados, que gracias a la empresa socia de la municipalidad, con quien se inició el proyecto, se pudo realizar los ensayos fisicoquímicos al inicio, durante y al final del proyecto, sobre todo del compost obtenido. Luego las muestras maduras y estables del compost de donde se extrajeron las sustancias húmicas, se analizaron en laboratorios de universidades extranjeras, de instituciones nacionales, particulares y otras en laboratorios comerciales.

1.7 Objetivos

-Objetivo general

- Evaluar la síntesis y extracción de las sustancias húmicas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Perú 2022
- **Objetivos específicos**
- Proponer una metodología de síntesis de las sustancias húmicas, utilizando paquetes diferentes de compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.

- Utilizar microorganismos de tierra de montaña, activados mediante fermentación anaeróbica, para mejorar la eficiencia de la compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.
- Determinar las sustancias húmicas de calidad sintetizados a partir de la compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.
- Reducir los residuos sólidos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de las plantas agro-procesadoras de la industria alimentaria, mediante la compostación y humificación.

1.8 Hipótesis

-Hipótesis general

- La síntesis y extracción de sustancias húmicas serán altamente significativas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Peru-2022

-Hipótesis específicas

- La propuesta metodológica que consiste en el diseño de paquetes compostables y humificables, permiten la síntesis de las sustancias húmicas a partir de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.
- El uso de microrganismos de tierra de montaña, activados mediante fermentación anaeróbica, mejora la eficiencia de la compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.

- Las sustancias húmicas de calidad, son producidas por los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria, previamente compostados y humificados.
- Los residuos orgánicos provenientes de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria son reducidos mediante la compostación y humificación.

2.1 Marco conceptual

-Residuo orgánico, material que proviene de una fuente orgánica como resultado del consumo de alimentos en las distintas fases de su producción, comercialización (Alanís et al., 2022); y como resultado de las distintas actividades económicas productivas diferentes a la alimentaria.

-Residuos orgánicos compostables, materia orgánica proveniente de la industria alimentaria, agroindustrial, urbano, sector agrícola forestal y ganadero (De Compostaje, R. E. 2015),, que sirven de insumos a la biomasa microbiana para que produzcan compost de elevada calidad; creando condiciones apropiadas para la formación de compuestos húmicos.

-Precursosores húmicos, son sustancias químicas, como azúcares, aminoácidos ácidos poli fenólicos que, por condensación, polimerización, actividad enzimática de microorganismos y metamorfismo orgánico van a formar macromoléculas orgánicas de estructura química compleja, peculiar y estable proveniente de la degradación de plantas y animales (Kałuza-Haładyn et al., 2019).

-Microorganismos activados de tierra de montaña, Protozoarios, lombrices, bacterias y hongos actinomicetos presentes en tierra de montaña en forma natural; activados con azúcares, que, mediante sus propias enzimas generadas, transforman estructuras complejas orgánicas de los residuos alimentarios hasta estructuras sencillas. Según Diaz y Ordóñez (2023), afirman que en la descomposición de la biomasa vegetal contribuyen los hongos filamentosos como son el *Trichoderma reesei*, el *Aspergillus niger*, el *Penicillium* sp y el basidiomiceto lignolítico *Phanerochaete chrysospuriu*. En general estos microorganismos son beneficiosos con un aproximado de 80 especies pertenecientes a cuatro géneros: bacterias fotosintéticas, actinomicetos, bacterias acido lácticas y hongos de fermentación (Cedeño et al. 2020).

-**Microorganismos eficientes**, fueron desarrollados por Teuro Higa, identificando individualmente microrganismos diferentes, que luego de investigarlos a profundidad mejoró sus propiedades, incrementó la producción y la calidad (Peralta, 2023). Son de origen natural sin manipulación genética encontrados en ecosistemas naturales donde no hay actividad humana, seleccionados y mezclados por sus beneficios. Se tienen a las bacterias fotosintéticas como la *Rhodopseudomonas* spp que en coexistencia con el *Azotobacter* y *Rhizobium*, fijan nitrógeno atmosférico. Asimismo, se tiene a las bacterias acido lácticas como el *Lactobacillus* spp que fermentan y desdoblan la lignina y celulosa e inhiben o suprimen a los hongos *Fusarium* spp que debilita las plantas. Otro tipo de microorganismos eficientes son las levaduras como la *Saccharomyces* spp, siendo sustratos útiles para las bacterias lácticas y lo actinomicetos. Los medios bióticos donde se pueden encontrar son en los bosques semideciduos o húmedos tropicales, los bosques húmedo pie montano. Específicamente se encuentran en el mantillo, en las micorrizas, en el compost y en las elaboraciones de caldos microbiales (bacterias fotosintetizadores llamadas algas unicelulares, levaduras, lactobacilos y actinomicetos) (Mansi et al 2020)

-**Compost**, es un material que resulta de la conversión de sustratos orgánicos con ayuda de microorganismos aeróbicos en gran proporción en un determinado tiempo y condición, generando anhídrido carbónico, agua, nitritos, sulfitos y otros compuestos (Bailón, 2021). Sirve como fertilizante natural para abonamiento (Cohen, 2019); (Contreras-Cauich et al., 2022) como enmienda orgánica o sustrato como medio de cultivo (Ansorena, 2016), pero también puede ser utilizado una buena alternativa para el control biológico de enfermedades de plantas (usado como sustrato para inocular *Trichoderma harzianum* o *Bacillus subtilis*, después de la fase termófila), para aumentar la capacidad supresiva del compost (De Compostaje, R. E. 2015). Asimismo, se puede usar como material de relleno en biofiltros para aguas residuales (Corozo y Vergara 2023).

-**Método de compostaje**, son las diferentes maneras, formas, arreglos en que se dispone o apila los residuos orgánicos para iniciar la compostación. Shao et al. (2022) afirma que el compostaje es una tecnología típica para la conversión de residuos de biomasa en ácidos húmicos artificiales. Es así también que Ansorena (2016) menciona 6 métodos, formas o sistemas de compostaje: pilas estáticas pasivas, hileras con volteo, pilas estáticas aireadas, trincheras o canales con aireación forzada y volteo, contenedores aireados discontinuos y maduración en pilas bajo techo y compostaje en reactores rotativos (tambores)

-**Paquetes compostables**, diferentes formas de apilamientos de la materia orgánica en forma vertical dentro de una pila de compostación. Se arman los paquetes en forma de camas verticales compuestas de diferentes residuos orgánicos alimentarios, en número variables que van desde 3 hasta 8 o 12 dispuestas una debajo de otra debido a una razón técnica.

-**Humus**, sustancias propias de los suelos diversos de los distintos ecosistemas, en situación de descomposición incompleta, conteniendo también materiales transformados completamente de estructura compleja como las sustancias húmicas, acompañado de componentes minerales nutritivos fundamentales, tales como fuentes de nitrógeno, fosforo y azufre. La actividad o función del humus dentro de los diferentes tipos de suelo está determinada por la humedad y por los niveles de aire en los horizontes (Frank et al. (2023))

-**Paradigma del reciclaje**, forma de pensar y actuar que permite responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo mundial promoviendo la permanencia los materiales y la energía de productos y servicios disponibles en el mercado y por ende en la economía; reduciendo los residuos generados y evitando su disposición final en los vertederos (Imbernó y Souto 2023)

-**Espectrofotometría Ultravioleta Visible (UV-vis)**, es una técnica espectrofotométrica que se usa para cuantificar sustancias húmicas en cierto rango de longitud de onda (de 200nm a

700nm) de luz ultravioleta (UV) y visible (vis), medida en absorbancia (Lawrence et al. 2023). La concentración de una sustancia se calcula aplicando la Ley de Lambert- Bert (López 2023).

-Espectrofotometría infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), es un método espectrofotométrico que cualifica los grupos funcionales de las sustancias húmicas (Méndez et al 2020). Asimismo, la lectura es una caracterización, al detectar una mezcla compleja de grupos funcionales que existen en una variedad de ambientes químicos, cada uno caracterizado por constantes de fuerza diferente, lo que provoca un ensanchamiento de las bandas de IR, proporcionando información de dichos grupos en la estructura de las sustancias húmicas (Méndez et al 2020). La región de los espectros IR de las moléculas orgánicas está comprendida entre 4000 cm⁻¹ y 400 cm⁻¹. Cortez (2020) ratifica lo anterior, cuando afirma que en un espectro FTIR, hay una región entre los 4000 cm⁻¹ y 1500 cm⁻¹ donde existe la posibilidad de identificar picos provenientes de grupos funcionales.

-Prueba del Índice de germinación, es el procedimiento más común para evaluar la calidad fisiológica de las semillas (Carlos 2023). La prueba ha sido ampliamente utilizada por sus mecanismos intrínsecos que determinan su capacidad de germinación, el desarrollo de estructuras esenciales para producir una plántula bajo condiciones favorables. Según Bermeo (2022), la germinación es el proceso desde el momento en que la semilla se introduce en el suelo y crece hasta que se establece la plántula, pasando de una vida latente a un estado de vida activa, argumento apoyado en Pérez-Bárcena et al (2021). Es la transformación del embrión en una pequeña planta. Es así como se tiene el índice de germinación (número de semillas germinadas en el último día de conteo con respecto al total de semillas sembradas) y la velocidad de germinación (M) que es la relación del número de semillas germinadas y el tiempo de germinación, según

Bermeo (2022). Vargas (2019) expresa al índice de germinación, a la velocidad de germinación y a la capacidad de germinación, así:

$$IG = \sum(sg) / N \times 100\%$$

IG: Índice de germinación.

sg: total de semillas germinadas en el último día de conteo.

N: total de semillas sembradas

$$VG = \sum(sg) / t$$

VG: Velocidad de germinación

sg: total de semillas germinadas en el día

t: número de días después de la siembra hasta la germinación de la última semilla.

$$CG\% = n/N \times 100$$

CG%: Capacidad de germinación, como el número de semillas que germinan respecto del número de semillas total bajo los tratamientos específicos.

N: número de semillas sembradas; n: número de semillas germinadas.

2.2 Marco filosófico

La investigación se desarrolló dentro de un marco del paradigma positivista (Meza, 2015) en un enfoque epistemológico, clásico de la filosofía (cuantitativo y cualitativo) donde se realiza la vinculación existente entre las sustancias húmicas y los residuos orgánicos alimentarios. Estas investigaciones están dentro de los métodos hipotéticos deductivos, empírico cuantitativo o racionalista, que sobre la base filosófica de Auguste Comte (1798-1857), se admite solo como

validos los conocimientos provenientes de las ciencias empíricas (a partir de la experiencia puntual y de la percepción a través de los sentidos). Sobre este contexto, existen investigaciones de tipo tecnológico, ecológico, con fines económicos sociales, como señala Chaves (2020), en su artículo sobre economía ecológica, que se basa en un paradigma cuantitativo, de enfoque empírico analítico; asimismo a ello se une otra disciplina como la heurística, que en concreto es el aporte del hombre a la solución de problemas mediante propuestas estratégicas (Canales et al., 2020) como la que se ponen en práctica en investigaciones de reciclaje, restauración y sobre paradigmas de economía circular y del cuidado del ambiente (Camacho, 2018).

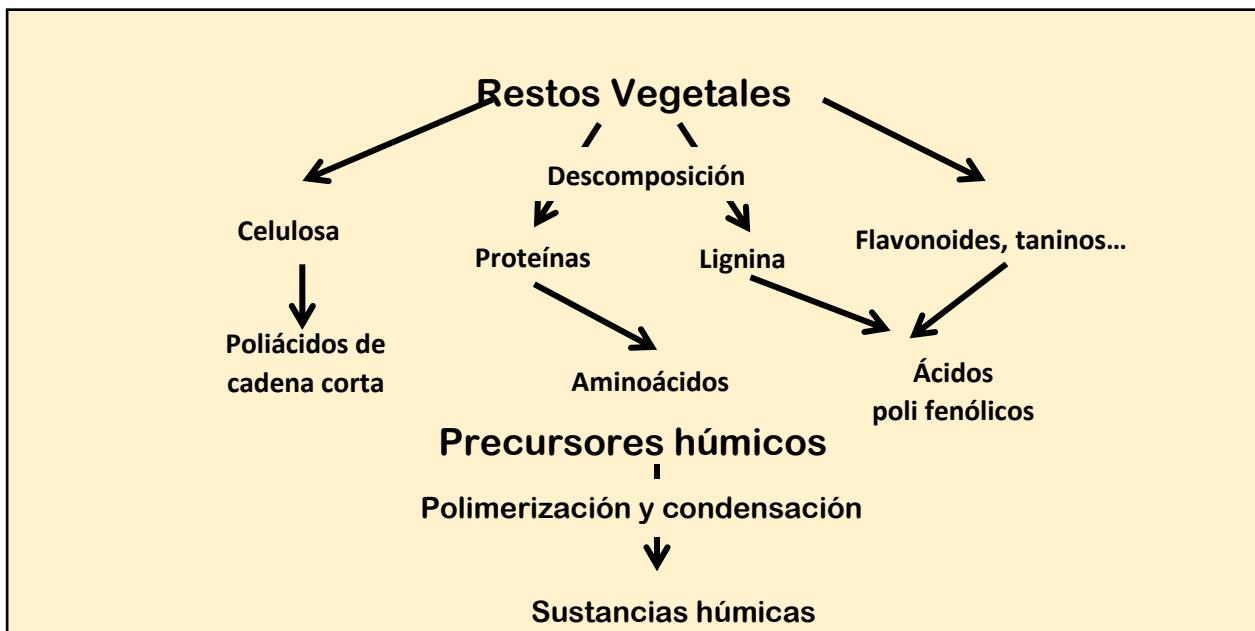
2.3 Marco teórico

-Sustancias húmicas, que pueden ser ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH), y las huminas (H) están relacionados con la degradación de residuos sólidos, así como la fuerte interacción química e irreversible con los metales pesados (Núñez et al., 2023). Son definidas como macromoléculas orgánicas, con una estructura química compleja, distinta y estable que provienen de la degradación de plantas y animales con ayuda de la actividad enzimática de microorganismos y el metamorfismo orgánico; pero también pueden provenir de los residuos carbonosos industriales (López, 2020) y del carbón bituminoso (Vásquez et al., 2019) Constituyen la expresión concluyente de los procesos de descomposición de la materia orgánica que junto al humus (Wei et al., 2023) es la parte más estable de la materia orgánica y según la Sociedad de Ciencia del suelo de América, la define, como la que se obtiene después de haberse descompuesto las sustancias vegetales o animales. Estos al depositarse en la superficie del suelo constituyen la hojarasca o mantillo, con su composición química específica, que luego de sufrir procesos de degradación o descomposición (mineralización) y humificación (Hita-Mejía, 2020); los productos resultantes pueden ser objeto de nuevos procesos de resíntesis o polimerización dando lugar a

compuestos húmicos y a componentes elementales orgánicos (Martín-Neto et al., 2023). En los últimos años (Murbach et al., 2020) se ha postulado introducir a las sustancias húmicas como suplemento nutricional potencial para los seres humanos, evaluándose gentoxicológicamente en un material derivado del lignito mediante una prueba de mutación inversa bacteriana llegando a la conclusión que carece de ello; convirtiéndose así en una posible alternativa de suplemento en las preparaciones alimentarias en un futuro no muy lejano. Lo que si hasta el momento es un éxito su utilización y su contribución en la producción de fertilizantes (Huculak-Maczka et al., 2018), útiles para el suelo y las plantas (Moisés et al., 2022), así como agentes quelantes para limpieza de suelos, como un absorbente de compuestos orgánicos hidrofóbicos (Zingaretti et al., 2018).

Figura 1

Proceso global de síntesis de sustancias húmicas



Nota: La figura ha sido proporcionada por el estudio de Restablecimiento-de-suelos-agotados-mediante-acidos-humicos-y-fulvicos.html <https://docplayer.es/48211355->

-**Ácidos húmicos (AH)**, son sustancias amorfas con coloración oscura que puede extraerse con sustancias alcalinas y precipitan en medios ácidos (coloraciones pardas). Constituidas por macromoléculas de unidades aromáticas y alifáticas unidas a aminoácidos, péptidos, amino azúcares, etc., según Arriaga-Trejo et al (2023). El ácido húmico tiene la fórmula química promedio de C₁₈₇ H₁₈₆ O₈₉ N₉ S₁. La proporción de hidrógeno a carbono de 1:1 indica un grado significativo de carácter aromático (la presencia de anillos de benceno en la estructura), mientras que una proporción baja de oxígeno a carbono indica menos grupos funcionales ácidos que los que ocurren en el ácido fúlvico, el otro polímero orgánico ácido (Delphis.com 2020). Shao, et al. (2022) señala que el rendimiento del ácido húmico en el compost de una biomasa es de 5,3 % y en el compost de cascara de arroz es de 5.87%.

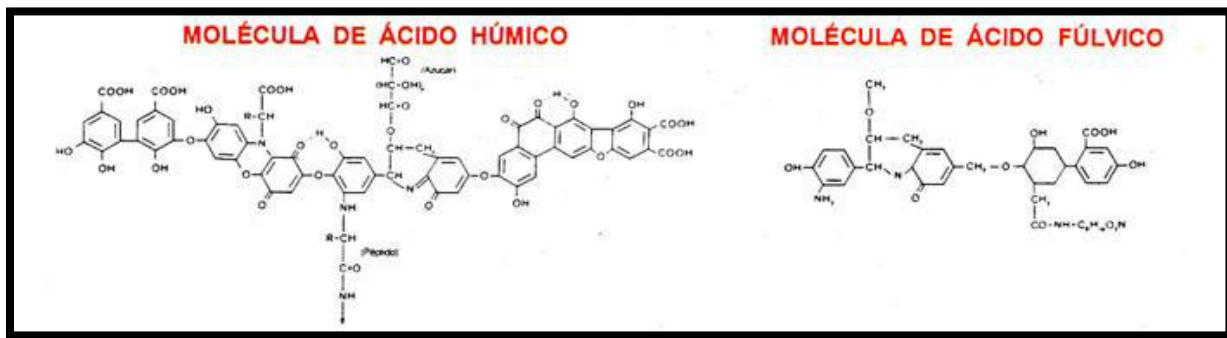
-**Ácidos fúlvicos (AF)**, son moléculas complejas de bajo peso molecular, menor contenido de carbono y peso molecular (500 y 1500 Dalton) por consiguiente menores grados de condensación (Martín-Neto et al 2023). Son solubles en agua, en pH ácido o básico su estructura molecular es considerada reactiva dominante con componentes orgánicos que contienen oxígeno, es polar, con mayor movilidad y reactividad con los iones metálicos y responsable de innumerables procesos físicos, químicos que ocurren en la materia orgánica, confiriéndole propiedades singulares a los suelos y sedimentos (Cardoso et al. 2023). En ciertas ocasiones tienen metales unidos a la molécula (Solarte y Pérez ,2020). La forma correcta de llamar es ácidos fúlvicos (plural), porque es un conjunto de sustancias variadas y complejas que reflejan la naturaleza de las plantas, animales y los microorganismos que les dieron origen durante el proceso de humificación, formadas por la unión de enlaces e interacciones químicas de moléculas heterogéneas de diferentes orígenes, organizadas en conformaciones supramoleculares metaestable y heterogénea por medio

de fuerzas Van der Waals y puentes de hidrógeno (Martín-Neto et al 2023). Según Mghaiouin, et al. (2022) los ácidos fúlvicos se extraen de materiales compostados en medios alcalinos.

-Huminas (H), son compuestos difícilmente extraíbles y no se pueden aislar fácilmente frente a reactivos químicos (Filiciotto, 2019). Presentan un color oscuro que pueden leerse mediante la absorción de luz visible en el espectro electromagnético por los enlaces π conjugados de la estructura furánica. También se identifican huminas de tipo fluoróforos en el espectro UV y en la región visible. (Filiciotto 2019). Representa el 50% o más de la materia orgánica del suelo, al ser insoluble es relativamente inerte y está constituida por ácidos húmicos tan íntimamente unidos a la parte mineral del suelo que no pueden separarse de ella, y por sustancias húmicas altamente condensadas con un contenido de carbono mayor del 60%. (De Compostaje 2015)

Figura 2

Grafica de la molécula del ácido húmico y del ácido fúlvico



Nota: La figura ha sido proporcionada por el estudio funciones-de-las-sustancias-humicas-acidos-humicos/<https://www.fertilab.com.mx/blog/245>

-Biomasa microbiana (BM), son microorganismos menores a $5 \times 10^{-3} \text{ um}^3$ y no son materiales vegetales. Incluye a protozoarios, hongos, algas, actinomicetos distribuyéndose de manera no homogénea en los suelos; clasificándose de acuerdo a su ubicación ecológica como los

microrganismos de montaña (MM), o a su desempeño con las sustancias o sustratos identificados para un objetivo, como los microorganismos eficientes (ME) que tienen especies específicas (Camacho et al. 2018). Su actividad puede ser afectada por materiales o lodos con alta carga orgánica (Medina-Herrera et al., 2020)

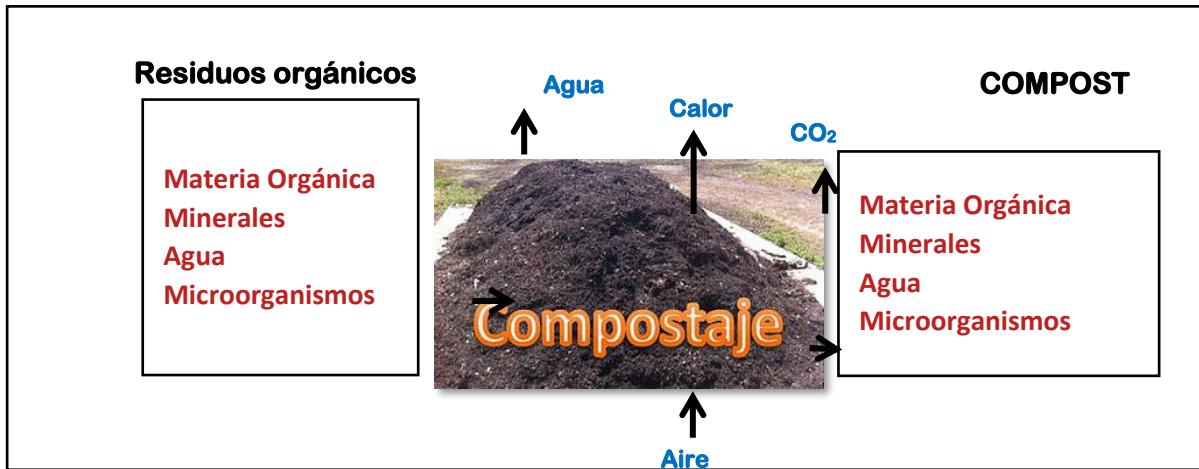
-Compostaje: es una técnica fundamentada en transformaciones bioquímicas, químicas, fisicoquímicas, a partir de residuos orgánicos que sirven de insumos a la biomasa microbiana para que fabriquen un abonado de elevada calidad, tal es así, que se creen las condiciones óptimas, que proporcionen una buena base para la formación de sustratos con suficiente contenido de carbono (De Compostaje, R. E. 2015); y por ende la formación de precursores húmicos para su posterior etapa de humificación según Rodríguez (2023). La conversión de sustratos orgánicos, con ayuda de microorganismos aeróbicos en gran proporción, generan anhídrido carbónico, agua, nitritos, sulfitos, según Oviedo-Ocaña et al (2019). Se realizan dos subprocessos: la descomposición y la estabilización. Al inicio ocurre una degradación rápida y generación de sustancias sencillas, consumiendo oxígeno, a su vez hay generación de anhídrido carbónico y energía, trabajando los microorganismos mesófilos (Ansorena 2016), de esa manera también generando calor (Márquez, 2023). Asimismo, se produce el amoniaco, compuestos de grasas sencillas y volátiles metabolizados por microorganismos mesófilos (Martínez y Henares 2023). Luego, en una etapa de transición de mesófila a termófila se desdoblan moléculas más complejas, hasta conseguir un pH ligeramente alcalino en donde hay pleno trabajo de los microorganismos termófilos. Después se pasa a una etapa de maduración obteniéndose finalmente como parte del trabajo oxidativo bioquímico las sustancias húmicas a partir de las ligninas, celulosa, hemicelulosa (Montes et al. 2021). También trabajan otros tipos de microrganismos (biooxidación): protozoarios, lombrices (vermicompostaje) y hongos actinomicetos; transformando estructuras orgánicas (Blanco, 2023).

Al elaborar compost se pretende acelerar los mecanismos de generación de sustancias húmicas, que según Tsukanka (2023), es una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica que al final se estabiliza y se utiliza como fertilizante del suelo. El compostaje en la producción de compuestos húmicos es una técnica biotecnológica, existiendo mecanismos de humificación de forma muy similar ocurridas en el medio natural (con algunas diferencias propias de las condiciones naturales ecológicas), que ecológica y ambientalmente elimina y/o recicla residuos orgánicos atendiendo los problemas del vertido irresponsable, convirtiendo materiales apropiados para el uso agrícola (Rodríguez, 2023). El compostaje también se puede definir como una serie de procesos metabólicos complejos que sintetizan productos de calidad (Huerta-Quinchoker, 2021) como es el compost (Oviedo-Ocaña et al 2019), (Huilahuaña, 2023), (Bailón, 2021), caracterizados por sus propiedades químicas, físicas, biológicas, bioquímicas y fisicoquímicas (Vera, 2018), (Diaz et al 2022); abordando operaciones unitarias, alcanzando la optimización y la utilización de herramientas de diseño para la planeación, operación e instalación de estructuras compostales. En la actualidad los avances biotecnológicos han permitido reducir tiempos de proceso, mejorar los estándares gracias al mejor control y monitoreo in situ de la estabilidad y madurez del producto (Ansorena 2016). Según, Vargas-Pineda et al (2019), el compostaje es una tecnología de bajo costo, que permite convertir los residuos orgánicos en materiales útiles que se incorporen sus componentes en el ciclo de la cadena de la producción primaria, mejorando las condiciones del suelo y los cultivos; sirviendo en los últimos años como herramientas de sostenibilidad ambiental cobrando importancia en el desarrollo de los países con altos índices de generación de residuos orgánicos. En la elaboración del compost también puede añadirse estiércol de animales como el de la gallinaza o estiércol de gallinas, cuya materia organica va a ser aprovechada por los insectos

como el escarabajo que ayudará a sintetizar minerales para la nutrición de las plantas (Rodríguez y Evangelista 2018).

Figura 3

Proceso de compostación



Nota: La grafica proporciona el proceso de compostacion.

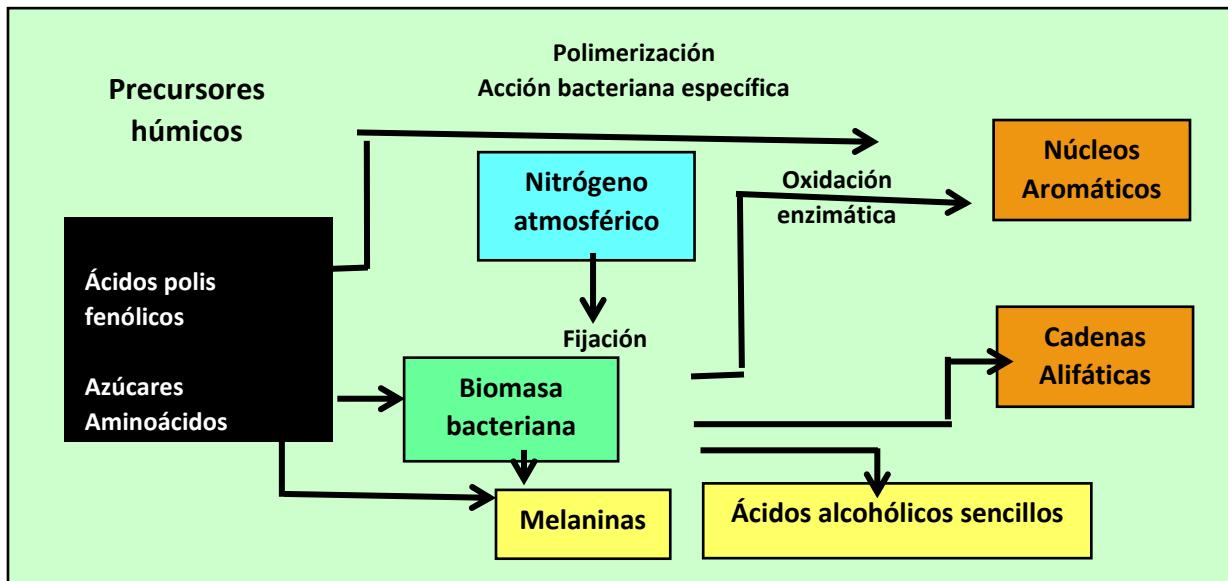
<https://sites.google.com/site/residuossilidosak/05>

-**Proceso de humificación**, es aquel donde los suelos van sintetizando materia orgánica compleja y componentes minerales nutritivos fundamentales, tales como fuentes de nitrógeno, fosforo y azufre (Dores-Silva et al 2018). La materia orgánica en la naturaleza se va presentando en sistemas complejos que hasta el momento se han podido identificar materiales incompletamente descompuestos y materiales transformados completamente, como es el humus, el cual a su vez tiene una fracción húmica y otra fracción no húmica (Dores-Silva et al 2018). Los mismos autores afirman que durante el “proceso de degradación biológica, se produce un reordenamiento de las características moleculares del ácido húmico: el contenido de carbono lábil se reduce, mientras que la fracción aromática se enriquece”. Los mismos autores sostienen que la preservación selectiva de moléculas de alquilo hidrofóbicas están representadas por ácidos grasos de cadena

larga, alcoholes alifáticos, hidrocarburos lineales y derivados de poliéster de plantas, tales como ácidos alquílicos dicarboxílicos de cadena larga. Se sabe mucho de las sustancias húmicas, pero poco sobre sus orígenes, estructura y síntesis química, debido a su naturaleza heterogénea. Sin embargo, los productos húmicos formados, ya sea gradualmente formados en el tiempo o inducidos a su formación mediante técnicas compostables, tienen estructuras complejas que son más estables que las presentes en los materiales parentales (Dores-Silva et al 2018).

Figura 4

Inicio del proceso de humificación.

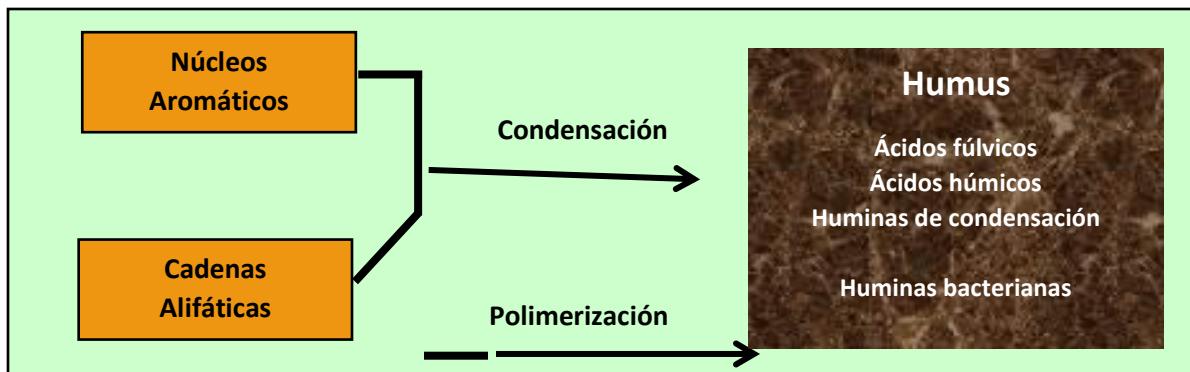


Nota: La grafica proporciona el inicio del proceso de humificación

<https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL4FSCOHumificacion.htm>

Figura 5

Finalización del proceso de humificación.



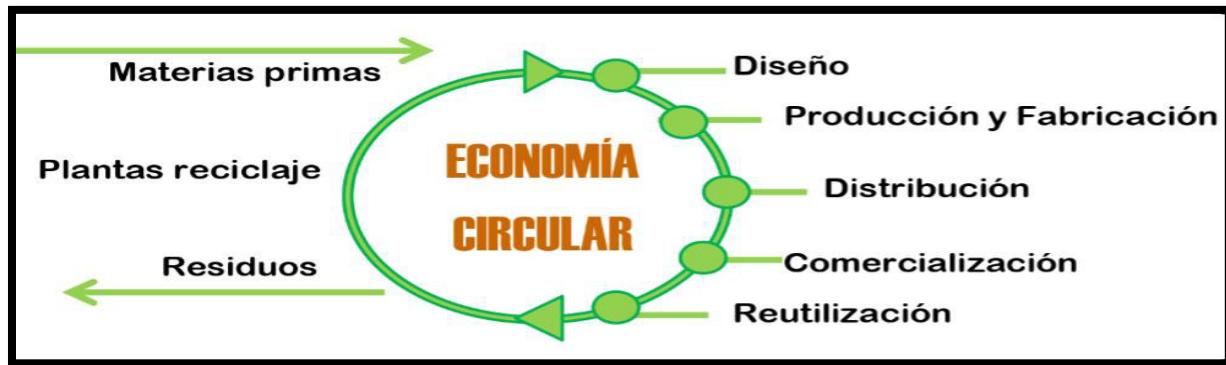
Nota: La grafica proporciona el final del proceso de humificación

<https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL4FSCOHumificacion.htm>

-**Economía circular**, es un paradigma que permite responder a los desafíos del crecimiento económico y productivo actual porque promueve un flujo cíclico para la extracción, transformación, distribución, uso y recuperación de los materiales y la energía de productos y servicios disponibles en el mercado (Imbernó y Souto 2023). Cuando se propone los principios relacionados al tema: Basura=alimento, se refiere a que los productos que hoy consideramos “basura” después de su uso, pueden ser un nutriente biológico que alimente la tierra o un elemento técnico valioso que se reincorpore en procesos productivos. Un ejemplo de ello es el uso de biomasa oceánica, tales como las algas y los residuos procedentes del procesamiento de pescado u otro alimento para la obtención de productos como celulosa, biodiesel, biopolímeros fertilizantes, pigmentos, materiales entre otros citado por Imbernó y Souto (2023).

Figura 6

Gráfica que representa la aplicación de la economía circular en las empresas



Adaptado de <https://gestorderesiduosmadrid.es/aplicar-economia-circular-empresas/>

2.4 Marco legal y normativo

Mediante el Decreto Legislativo N°1278, (2016) se aprueba la Ley de Gestión integral de residuos sólidos, Reglamentado por Decreto Supremo No 014-2017-MINAM, norma que establece el tratamiento integral de los residuos sólidos. Esta Ley pone fin a la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, que por más de 15 años no fue efectiva, pues no bastaba solo el manejo de los residuos, sino que se tenía que adecuar a los cambios tecnológicos y a los objetivos de desarrollo sostenible mundial, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección a la salud y el bienestar de las personas. En el año 2012 se aprueba el Reglamento de manejo de residuos sólidos del sector agrarios, (DS N° 016-2012-AG). Para identificar la calidad del compost, Ríos (2023) afirma que se tiene a la Norma Oficial Chilena NCH 2880 (INN, 2004), la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 (ICONTEC, 2011), y para el caso de los micronutrientes se refirió a la Norma Técnica Española, Real Decreto 824 (Ministerio de la Presidencia, 2005). Se tiene asimismo las guías de la Canadian Council of Ministers of the

Environment (CCME 2005); la Norma Austriaca ONORM S2220 (1993). De la misma forma, se tiene la norma de la California Compost Quality Council CCQC (2001), donde apunta que la relación C/N debe ser menor o igual a 25 al inicio de la compostación. Según el Programa del Centro Nacional de Tecnología Apropriada (NCAT, 2015), la relación C/N (se considera un rango entre 15/1- 35/1) es uno de los factores que se debe considerar en el compostaje ya que incide en el crecimiento y reproducción de los microorganismos. Balbín (2019) utiliza la norma mexicana NADF-020- AMBT-2011 para determinar ciertos parámetros de compostación (demanda de oxígeno, la evolución de CO₂ o respiración, otras ratios de importancia); las cuales toman en consideración ciertos métodos del Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC) y la norma AS4454-1999 Australian Standard Compost Soil Conditioners and Mulches. En el Perú el año 2021, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) publica la NTP 201.208:2021. FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos, 1° Edición, para ser utilizado en el mantenimiento y reforestación de áreas verdes, paisajes, parques y jardines, floristería y otros usos similares. Para la determinación de las sustancias húmicas, se recurrió al fraccionamiento de éstas, que estuvieron presentes en dicho compost, siguiendo la metodología del Handbook of the International Society of Humic Substances for Soils (IHSS) (Manual de la Sociedad Internacional de las sustancias húmicas para suelos) propuesto por Swift (1996) citado por Otto (2018); pero modificando algunos pasos, dependiendo del material que lo exija. Luego se utiliza espectrofotometría de luz UV-vis para determinar la concentración de sustancias húmicas. Seguidamente para identificar los grupos funcionales de las sustancias húmicas se utilizan la técnica espectrofotométrica de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR). La Organización Internacional de Normalización (ISO) en el año 2018, publicó la norma referida a los “Fertilizers and soil conditioners- Determination of humic and hydrophobic fulvic

acids concentrations in fertilizer materials" (ISO 19822:2018); en donde se especifica el procedimiento para el análisis de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos hidrofóbicos aplicables a materiales secos y líquidos utilizados como ingredientes de fertilizantes, del cual solo se tomó referencias técnicas. En esta norma se referencia también los análisis espectrofotométricos FTIR, para comparar los espectros de la Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas.

III. MÉTODO

3.1 **Tipo de investigación:** aplicada

Enfoque: cuantitativo cualitativo (mixto)

Diseño: experimental (Hernández y Mendoza. (2020)

- Ámbito temporal y espacial

-Ubicación. La provincia de Barranca de la región Lima fue el escenario del trabajo de investigación.

- Localización

Tiene las siguientes coordenadas

Latitud: -10.743768

Longitud: -77.735210

-Limites

La provincia de Barranca limita así:

- Norte: Provincia de Huarmey de la región Ancash.
- Sur: Provincia de Huaura de la región Lima
- Este: Provincia de Ocros y Bolognesi de la región Ancash. También con una parte de Huaura
- Oeste: Océano Pacífico

3.2 Población y muestra

-Población

Por conveniencia está dada principalmente por los residuos orgánicos generados por las fábricas o plantas agro-procesadoras de la industria alimentaria de Barranca, en segundo orden está dado por los rastrojos vegetales de los campos de cultivo y de los diferentes centros de acopio de la provincia de Barranca (distritos: Supe, Puerto Supe, Pativilca, Paramonga). Complementan los residuos orgánicos de los mercados de frutas y hortalizas.

-Muestra: 100 Kg (aproximadamente)

La muestra es no probabilística por conveniencia.

3.3 Operacionalización de variables

-Variable independiente

Residuos orgánicos: rastrojos de cosechas de raíces y tallos: maíz, camote, papa, ajos y cebolla, cáscaras y semillas de mangos; residuos de frutas y hortalizas.

Microorganismos activados de tierra de montaña (ver Tabla 2)

-Variable dependiente

Compost maduro y estable (después de 120 días)

Sustancias húmicas (ácido húmico y ácido fulvico. El material obtenido después de los 120 días de compostación, se humificó por 60 días más).

La planta de compostaje de la Municipalidad Provincial de Barranca, en la zona denominada “Los Anitos” ubicada en la zona sur del distrito, fue escenario del experimento, donde se abastecía inter diario 5 a 8 toneladas de residuos orgánicos y se manejaban alrededor de 30 pilas o camellones de compostaje (Soto, 2023) cuyo sistema fue de tipo industrial ($2.0 \times 50.0 \times 1.5 \text{m}^3$) (Domínguez, 2023); y fue en ese mismo lugar donde se diseñó experimentalmente las 3 pilas de $1\text{mx}1.5\text{mx } 1.5\text{m}$, como paquetes compostables agregando tierra montaña conteniendo microorganismos activados; más una (1) pila de testigo que compostó rastrojos de raíces y tallos de cosecha de maíz, papa, camote, ajos y cebolla más cáscaras de frutas sin la adición de tierra de montaña que contuviese microrganismos activados.

Para determinar la diferencia significancia entre las medias de los tratamientos de compostación en la obtención de sustancias húmicas y para la prueba del índice de germinación de la semilla de maíz, se hizo la prueba estadística paramétrica ANOVA luego se utilizaría la prueba de Tukey si hubiese diferencia entre los tratamientos en obtención del material de las diferentes pilas.

En los análisis estadísticos, las condiciones de decisión de la hipótesis serán los siguientes:

- Si $p\text{-valor} < \alpha$, o su equivalente $F_{cal} > F_{tab}$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna
- Si $p\text{-valor} > \alpha$, o su equivalente $F_{cal} < F_{tab}$, se acepta la hipótesis nula.

Dónde:

$\alpha = 0.05$ de nivel de significancia.

-MATRIZ DE LA OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1

Matriz de la operacionalización de las variables

“SINTESIS Y EXTRACCION DE SUSTANCIAS HÚMICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMPOSTADOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA LIMA PERU-2022”

Variables (tipos)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimension	Indicador	Instrumentos
Dependiente (Y) Compost	Es la degradación de residuos orgánicos por la acción de microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Cuando la degradación es completa sus resultados son dióxido de carbono, residuos inorgánicos inertes o minerales que se incorporan a la estructura del suelo, de los microrganismos y de las plantas. (Moreno et al 2022)	Sustancia orgánica elaborada mediante reacciones químicas, procesos biológicos y operaciones físicas siguiendo métodos compostacionales de apilamiento vertical físico durante 120 días Ansorena (2016). El resultado de las actividades y procedimientos que se traducen en la lectura de las características fisicoquímicas del compost: temperatura, pH, humedad, tamaño de partícula, densidad aparente, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico; se registran en los formatos de	-Método técnico compostacional, diseñado con paquetes apilados verticalmente	<ul style="list-style-type: none"> • (°C) Temperatura durante toda la compostación. • Relación C/N al inicio de la compostación • (%) Rendimiento • (%) Humedad • (pH) Potencial de hidrógeno • (°C) Temperatura al final de la compostación. 	Formato o ficha de recojo de información en campo. Formato o ficha de recojo de información de los análisis físico químicos de laboratorio Formato o ficha de recojo de información en campo. Formato o ficha de recojo de información de los análisis físico químicos de laboratorio Formato o ficha de recojo de información en campo. Formato o ficha de recojo de información en campo. Formato de recojo de información de los análisis físico químicos de laboratorio

-
- Relación C/N al inicio y al final de la compostación.
Formato de recojo de información de los análisis físico químicos de laboratorio
 - % Can de nitrógeno
Formato de recojo de información de los análisis físico químicos de laboratorio
 - % Can de fósforo
 - % Cenizas
 - (%) Concentración de sustancias húmicas
 - Identificación cualitativa de grupos funcionales en las sustancias húmicas
 - Eficacia de las sustancias húmicas mediante el índice de germinación.
- Formato de recojo de datos del análisis espectroscópico con luz ultravioleta visible (UV-Vis)
- Formato Excel de recojo de información (Frecuencia o número de ondas vs la Tramitancia) del Análisis FTIR (espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier) con soporte ATR (Reflectancia total atenuada)
- Reporte de la prueba del índice de germinación del cultivo del maíz.

Independiente (X1) Residuos orgánicos	Sustratos orgánicos provenientes de cultivos agroindustriales y de la industria alimentaria, que son fuente de carbono, mediante la lignocelulosa (que es un polímero estructural de las paredes celulares vegetales, compuesto por dos polisacáridos, celulosa y la hemicelulosa; además de la lignina que es un polifenol complejo derivado del fenilpropano (Oviedo et al, 2019) De Compostaje, R. E. (2015)	Los residuos orgánicos son insumos que sirven a la biomasa microbiana para que produzcan compost. Estos fueron recogidos de la actividad agrícola y de la industria agroindustrial (Balbin,2019), registrados en fichas de recojo de campo, donde se apuntaban la fuente y la fecha de llegada a la planta de compostaje de residuo, asimismo los volúmenes.	-Generación de residuos de rastrojos agrícolas. -Generación de residuos de la industria alimentaria. -Reducción de los residuos sólidos	• (kg) Cantidades compostables de residuos orgánicos del campo agrícola, fabricas agroexportadoras y de la industria alimentaria	Ficha de recojo de información de campo, de las cantidades para las formulaciones de los paquetes compostables. Cantidades específicas de residuos orgánicos.
Independiente (X2) Microorganismos activados de montaña	Microorganismos menores a $5 \times 10^{-3} \text{ um}^3$ presentes en los suelos y agua del medio (Diaz y Ordoñez 2023). Están incluidos protozoarios, algas, lombrices y hongos actinomicetos; que transforman sustancias orgánicas complejas en sustancias orgánicas simples con apoyo de sus enzimas.	La tierra de montaña obtenido de la biosfera de Oxapampa, se recogió en 10 sacos (50 kg cada saco) y se activó los microrganismos presentes en ella con melaza, afrecho y agua en una proporción de 1, 1,1,1y 5 (Camacho Céspedes, et al 2018); respectivamente: Seguidamente se fermenta anaeróbicamente durante 30 días.	Activación de microorganismos, mediante fermentacion anaeróbica.	• (kg) Cantidades aproximadas de tierra de montaña contenido microorganismos activados	Formato o ficha de recojo de información de campo de la información de tierra de montaña y tierra de montaña activada.

-Variable dependiente: Sustancias húmicas que se sintetizaron en el proceso de humificación desarrollado en las pilas. El compost se produjo a los 120 días de culminado el proceso. Culminada la compostación, se dio 60 días más para la humificación.

-Variable independiente: Está representado por los residuos orgánicos provenientes de los rastrojos de cosechas y de plantas procesadoras agroexportadoras de la industria alimentaria, los microorganismos activados y cierta macrofauna edáfica de tierra de montaña: protozoarios (Gamboa 2023): amebas de vida libre (*Acanthamoeba* sp.; *Naegleria* sp, *Balantidium*, sp), lombrices (lombriz de tierra (*Haplotaxida*), milpiés (*Scolopendromorpha*), gallina ciega (coleóptera) y tijerillas (dermáptera)), bacterias (*Azotobacter* sp, *Azospirillum* sp, *Rizobium* sp; *Pseudomonas* sp, *Bacillus* sp y *Streptomyces* sp; *Rhodopseudomonas* spp, *Lactobacillus* spp, *Sacharomyces* spp, y hongos (*Trichoderma reesei*, *Aspergillus niger* *Penicillium* sp; Basidiomiceto lignolítico: *Phanerochaete*; *Absidia* spp; *Mucor* spp; *Rizophorus* spp, *Alternaria* spp. *Chrysosporium*), actinomicetos: *Streptomyces*; Nocardia y Arthrobacter (Beltrán y Bernal 2022). Para calcular la cantidad de microrganismos de tierra de montaña, se recurre a la técnica de enumeración de microorganismos por el método indirecto en placa, en la cual se aproxima a una determinada cantidad de suelo (en 1 gramo de suelo seco se puede encontrar 10^6 - 10^8 bacterias, 10^6 - 10^7 actinomicetos, 10^4 - 10^5 hongos. Otros tipos como algas y protozoos varían entre 10^3 - 10^6 (González y Vican 2023).

Tabla 2

Macrofauna edáfica y microrganismos de tierra de montaña.

Protozoarios	Macrofauna edáfica: nematodos, lombrices e insectos	Bacterias	Hongos
Las más representativos son las amebas que se encuentran naturalmente en la rizosfera y pueden presentarse como parásitos o de vida libre (AVL). Estos últimos tipos de protozoarios pueden influenciar positivamente en los suelos cultivables. Están en el orden de los 10^3 a 10^6 organismos por gramo de suelo. (Bazán y Vílchez 2023).	Se identifican en los nematodos: los herbívoros, fungívoros, bacterívoros, omnívoros y predadores (Armas et al 2021). Dentro de las lombrices se tiene a la lombriz de tierra (Haplotauxida), milpiés (Scolopendromorpha), gallina ciega (coleóptera) y tijerillas (dermáptera). Son buenos indicadores de la calidad del suelo (Castillo et al 2023)	Bacilos Gram Positiva y coco bacilos Gram + y Gram – (Delgado 2023). Son útiles como activadores de biofertilizantes o abonos orgánicos y en la fermentación de materia orgánica. bacterias <i>Azotobacter</i> sp, <i>Azospirillum</i> sp, <i>Rhizobium</i> sp; <i>Pseudomonas</i> sp, <i>Bacillus</i> sp y <i>Streptomyces</i> sp; <i>Rhodopseudomonas</i> spp, <i>Lactobacillus</i> spp	<i>Trichoderma reesei</i> , <i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium</i> sp Basidiomiceto lignolítico <i>Phanerochaete</i> ; <i>Absidia</i> spp; <i>Mucor</i> spp; <i>Rizophorus</i> spp, <i>Alternaria</i> spp. <i>chrysosporiu</i> (Cedeño et al 2020). Hongos miceliales y levaduras. actinomicetos: <i>Streptomyces</i> ; <i>ocardia</i> y <i>Arthrobacter</i> (Beltrán y Bernal 2022).

3.4 . Instrumentos

Para la recolección de la información de las distintas operaciones del proceso de compostación en los 120 días y humificación en los siguientes 60 días, se utilizó los formatos o fichas de recolección de datos en campo (pilas de compostación), donde se registró la temperatura, pH, humedad, tamaño de partícula, densidad aparente, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Los demás formatos donde se tomaron registros de la cuantificación de materia orgánica, del carbono, del nitrógeno y del fosforo fueron reportados por los laboratorios requeridos. Para el recojo de datos de los análisis espectroscópicos con luz ultravioleta visible (UV-Vis) se utilizó hojas Excel, el mismo que se utilizó para el registro de la información (frecuencia o número de ondas vs la transmisión) del Análisis FTIR (espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier) con soporte ATR (Reflectancia total atenuada). Los reportes de la prueba del índice de germinación del cultivo del maíz se anotaron en formatos Excel.

3.5 . Procedimientos

Para la parte experimental se formó 3 pilas o camas compostables ($1 \times 1.5 \times 1.5 \text{ m}^3$) más una (1) pila de testigo, todas con residuos orgánicos (paja y pajilla de ajos; cáscara y semilla de mango, residuos de frutas, hortalizas variadas y los rastrojos de cosecha de maíz, papa, camote, ajos y cebolla) empaquetadas verticalmente; en donde se agregó agua y tierra de montaña conteniendo los microorganismos activados (la cantidad de microrganismos de montaña, se calculó mediante la técnica de aproximación del número de bacterias u hongos en un gramo de suelo). En la práctica se utilizó aproximadamente el 20 % de tierra de montaña en peso de residuos, es decir 20 kg de tierra activada de montaña para 100 Kg de material a compostar. Durante la remoción y ventilación de las pilas se midió los parámetros: temperatura (al inicio, durante y al final de la compostación), pH y humedad al concluir los 120 días de compostación. Esta metodología permitió la síntesis diferenciada de sustancias húmicas y con ello se respondió al objetivo general y a los objetivos específicos.

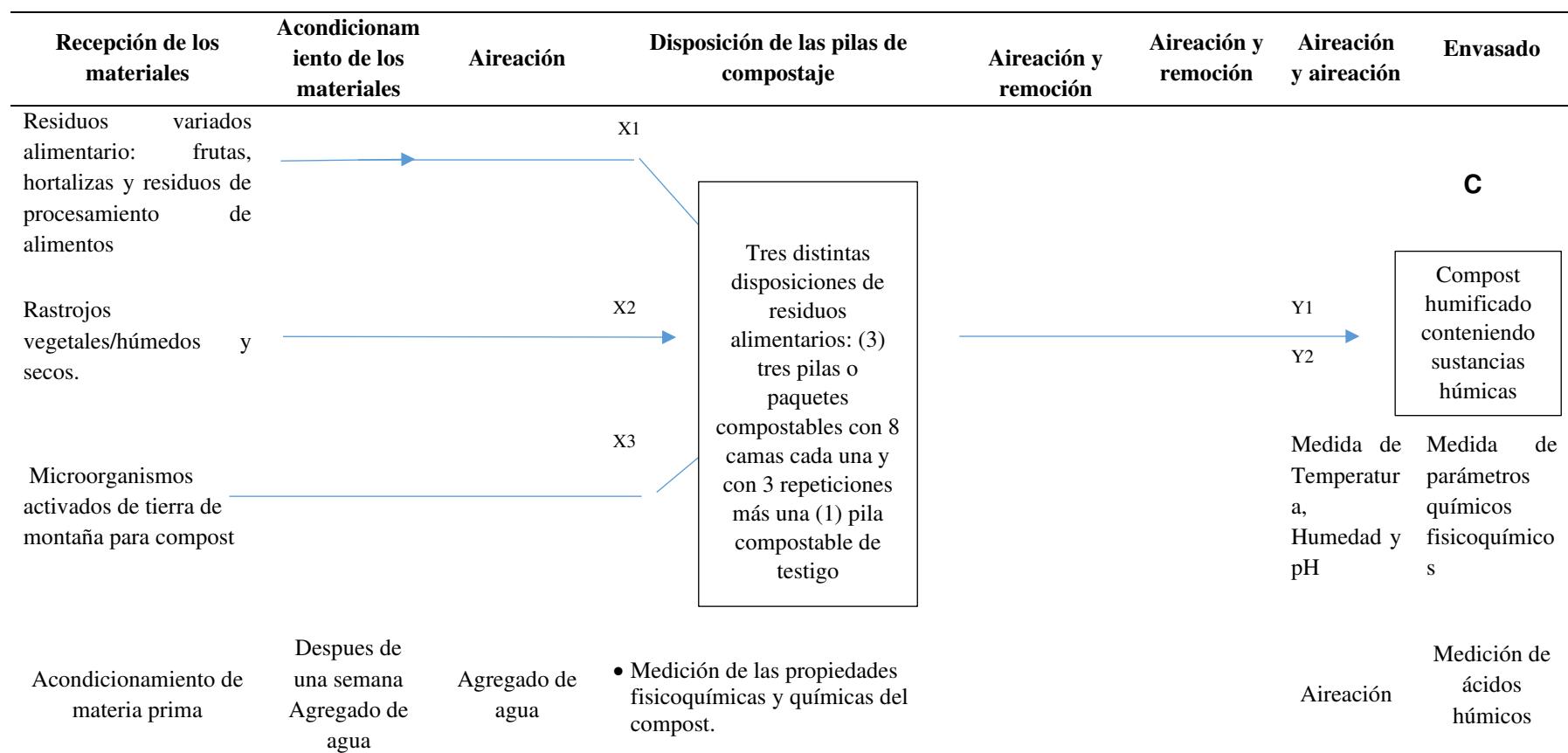
La primera pila se conformó así: ocho capas (8) o camas de residuos orgánicos con pesos aproximados de 12.5 kg dispuestos desde la base con rastrojos de raíces y tallos secos de cosecha de “maíz”, “camote”, “papa”, “ajos” o “cebolla”, la segunda capa fue de cáscaras y semillas de “mango”. En la tercera capa se agregó la paja de “ajos”, agregando una cuarta cama de residuos de frutas y hortalizas variadas, como “lechuga”, “col”, “mango”, “sandia”, “tomate”. La quinta cama estuvo conformada por cáscaras de “ajo”, la sexta capa por las pajillas del “ajo”, la séptima capa con cáscaras y semillas de “mango” y finalmente la octava cama se completó con pajilla de “ajos”. Luego se agregó tierra de montaña conteniendo microorganismos activados y fortificados con cachaza (Moreno-Escandón, L.2022), material que fermentó durante 45 días anaeróbicamente y sirvió para acelerar la descomposición orgánica. La segunda pila tuvo un arreglo de ocho camas, intercambiando desde la base de la pila con rastrojos de raíces y tallos secos de cosecha de “maíz”, “camote”, “papa” ajos” o “cebolla” con otra cama de cáscara y semilla de “mango”. En ese orden alternado hasta completar ocho capas en aproximadamente 1.5m de altura. La tercera pila fue muy similar a la segunda, solo que ahora en vez de residuos de mango se utilizó residuos de todo tipo de fruta casera: “plátano”, “mandarina”, “limón”, “manzana”, “papaya”, “uva”, “mango”, “ciruelas”, “fresa”; y hortalizas: “brócoli”, “col”, “espárragos”, “pepino”, “lechuga”, “pimiento” intercambiando con rastrojos de raíces y tallos secos de cosecha de “maíz”, “camote”, “papa”, “ajos” o “cebolla”. La pila que sirvió de testigo estuvo formada por rastrojos de raíces y tallos de cosecha de “maíz”, “camote”, “papa”, “ajos” o “cebolla” más cascarras de frutas variadas, en forma amontonada y sin tierra de montaña que contenga microrganismos activados (ver figura 7: *Diagrama del diseño del compostaje para la síntesis y extracción de sustancias húmicas*).

Las compostación experimental duró 120 días aproximadamente. Para iniciarla fue necesario tener un buen nivel de materia orgánica que contenga carbono suficiente según

Atoche (2023), realizándose la relación de carbono y nitrógeno de los residuos orgánicos. Las cuatro pilas iniciaron en simultaneo el compostaje, midiendo en primera instancia la temperatura. Durante la primera semana las pilas no tuvieron volteos ni agregados de agua, midiendo la temperatura cada 15 días hasta el final de la compostación. Seguidamente cada semana se hicieron las remociones de abajo hacia arriba con el agregado de agua. Finalmente se tomaron muestras para los análisis físicos, fisicoquímicos y químicos del compost; después durante 60 días más, se humificó el compost en el mismo sitio cubierto con mantas aireándose cada semana. Para la cuantificación y la cualificación de las sustancias húmicas se utilizó la metodología de la sociedad internacional de las sustancias húmicas (IHSS), extrayéndolas del compost y determinándolas mediante espectrofotometría ultravioleta (UV-vis) la concentración de sustancias húmicas y mediante FTIR (espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier) con el dispositivo ATR (reflectancia total atenuada) se midió directamente la presencia de grupos químicos funcionales.

Al compost se le realizó los siguientes análisis químicos: con la prueba de saturación con acetato de amonio (cuantificación por volumetría) se determinó la capacidad de intercambio catiónico; luego mediante la marcha del método colorimétrico se determinó la cantidad de carbono, basado en la oxidación del mismo con dicromato de potasio mediante la Prueba Walkley-Black (TOC), obteniéndose el carbono orgánico total y por la prueba de Micro Kjeldahl se halló el nitrógeno total. Operacionalmente se halló la relación C/N. También se le extrajo las sustancias húmicas mediante hidróxido de Sodio (NaOH) al 0.1 M en la proporción P/V (P corresponde al sustrato y V corresponde al volumen de la sustancia extractante) de 1 a 10, que en algunos casos llevó hasta razones de P/V de 1/20. Seguidamente se dio un tiempo de extracción aproximado que según la IHSS recomienda que 4 horas es tiempo suficiente para solubilizar la mayor parte de la materia orgánica presente en la muestra que se quiere analizar, sin embargo, la extracción fue desde unas 0.5 horas hasta las 24 horas. La temperatura de

extracción se realizó entre los 25°C y 80°C en donde el incremento de la temperatura permitió incrementar el rendimiento. Para reducir la heterogeneidad de los extractos húmicos, se hizo un fraccionamiento y se varió el pH, dada la distinta solubilidad de las sustancias húmicas en medio acido o básico. Cuando estuvo en medio básico, se bajó el pH hasta 2 o menos, agregando ácido clorhídrico (HCl al 0.1 N) obteniendo la fracción acida húmica precipitada y en el sobrenadante se obtuvo la fracción fúlvica con la no húmica. Después se purificó con ácidos minerales para eliminar compuestos de bajo peso molecular, y restos de proteínas, carbohidratos, lípidos y sales minerales que quedaron al final. La fracción húmica obtenida (extraída, fraccionada y purificada) del compost se procedió a medirla por espectrofotometría ultravioleta (UV-vis) (entre 380nm y 460nm). La medida cualitativa de los grupos químicos aromáticos funcionales de las sustancias húmicas presentes en el compost seco y humificado se hizo en forma directa de las pilas 1 y 4; luego se hizo un compósito del material humificado de las pilas 2 y 3 homogeneizándose la mezcla para que se pueda hacer la lectura sin interferencias.

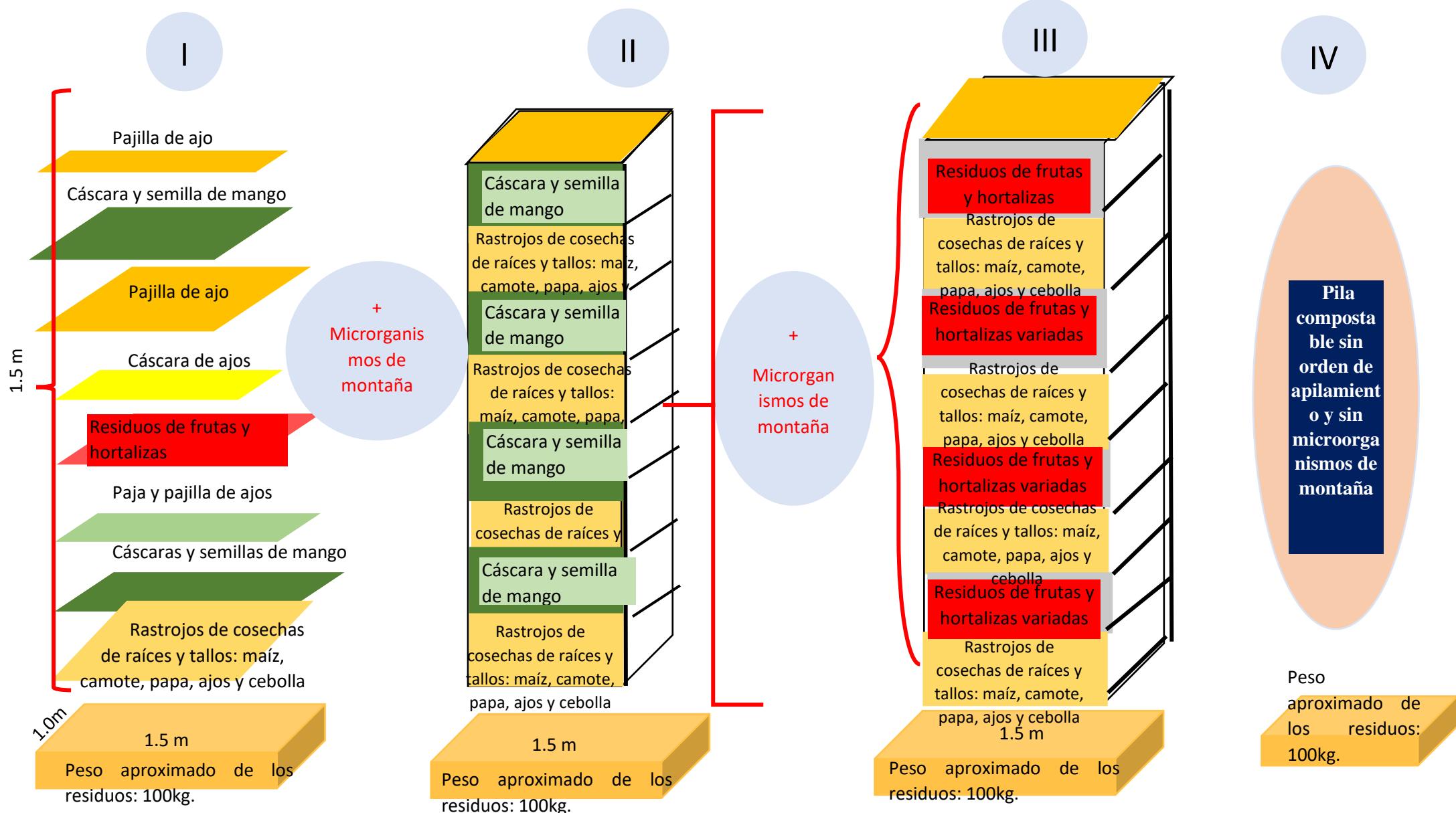
Tabla 3*Diagrama de flujo de procesamiento del compost*

Esquema experimental de elaboración del compost a partir de residuos alimentarios y rastrojos de cosechas, para la obtención de sustancias húmicas.

Leyenda: X₁: Variables independientes, Y₁ Y₂ variables dependientes F: Disposición de residuos y C: Producto obtenido.

Figura 7

Diagrama del diseño del compostaje para la síntesis y extracción de sustancias húmicas



Para ello se utilizó el dispositivo ATR (reflectancia total atenuada) que muestrea y asiste ópticamente al espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) para dar lectura de la absorbancia de la muestra en un amplio rango de espectro que va desde los 270nm a 700nm. El accesorio mide los cambios que se producen en un haz IR reflejado internamente cuando éste entra en contacto con una muestra, entonces éste haz se dirige a un cristal con alto índice de refracción y esta reflectancia crea una onda evanescente que se extiende más allá de la superficie del cristal. En el espectro IR donde la muestra absorbe energía, la onda evanescente será atenuada luego regresa al cristal, y sale del extremo opuesto del cristal y se dirige al detector en el espectrómetro IR. El detector registra el haz IR atenuado como una señal de interferograma, que luego se puede utilizar para generar un espectro IR. La eficacia se evaluó midiendo el índice de germinación en la semilla del maíz (desarrollado durante 20 días); aplicando un 80% del compost del 1T, 2T, 3T y 4T (Testigo) en 20% de arena como sustrato de siembra, más un T5 con arena solo, con 3 repeticiones siguiendo un diseño completamente al azar (DCA).

3.6 Análisis de datos

Los análisis químicos y fisicoquímicos del compost y de las sustancias húmicas se hicieron siguiendo las pautas de las metodologías correspondientes de los laboratorios donde se realizaron los servicios y las metodologías que se siguieron en el campo de compostaje. Los datos se registraron en los formatos o fichas de recogimiento de información de campo o en laboratorio (hojas de cálculo de Excel) considerando las repeticiones de cada prueba. Para el manejo de datos se hizo uso del Software estadístico SPSS versión 25.0. en las pruebas correspondientes.

Tabla 4

Propiedades fisicoquímicas y químicas del compost y de las sustancias húmicas sintetizados a partir de los residuos orgánicos alimentarios.

Parámetros fisicoquímicos y químicos del compost	Métodos recomendados
• Densidad aparente	Densidad aparente: Método TMECC 03.03.2001
• Humedad	Gravimetría (Guerrero, R. (2021). Instituto de investigaciones agropecuarias. Método de análisis de compost, Rev. 2005.
• pH	Potenciómetro. Medida de la conversión de iones hidronio en tensión eléctrica (Millán, F. et al 2018)
• Temperatura durante el proceso y al final.	Termopares o termocupla
• Conductividad eléctrica	Conductimetría: conducción eléctrica de los iones en solución
• Materia Orgánica total	Gravimetría Indirecta (Barrena, R. 2006)
• Carbono Orgánico Total	Walkley-Black TOC (carbon organic Total) o del Dicromato de Potasio.
• Capacidad máxima de retención de humedad	Adaptado de Mbah y Odili (1998) Compost Science & Utilization, basado en el TMECC (Test Methods for the examination of Composting and compost) (Ringuelet, y Koristchoner, 2023)
• Nitrógeno total	Micro Kjeldahl
• Fósforo Total	Método colorimétrico: Colorimetría con (NH4)2MoO o el método del amarillo del Vanadato Molibdato
• Cenizas	Incineración en mufla a 600 °C o calcinación ó acenización a 500°C.
• Tamaño de partícula	TMECC (Test Methods for the examination of Composting and compost), (NCh. 2880.Of2004)
• Capacidad de intercambio catiónico	Saturación con acetato de amonio, y cuantificación por volumetría
• Conductividad eléctrica	Multiparámetro.
• Relación C/N al inicio y al final del proceso	cálculos operacionales en el laboratorio.
• Sustancias húmicas (%) y presencia de grupos funcionales	Análisis del espectro ultravioleta (UV-vis) e infrarrojos con Transformada de Fourier (FTIR) con dispositivo ATR (Reflectancia total atenuada)

Tabla 5

Planteamiento para determinar el índice de germinación de semilla de maíz con el compost

Tratamientos Materiales	Evaluación del compost conteniendo sustancias húmicas con la arena		Índice de germinación (%)
	Compost (%)	Arena (%)	
Tratamiento 1/Compost 1	80	20	$IG = \sum(sg) / N \times 100\%$ IG: Índice de germinación.
Tratamiento 2/Compost 2	80	20	sg: total de semillas germinadas en el último día de conteo.
Tratamiento 3/Compost 3	80	20	N: total de semillas sembradas
Tratamiento 4/Compost 4	80	20	
Testigo	0	100	

3.7 Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas que se tuvo durante el desarrollo de la investigación, fue respecto al uso estricto y exclusivo del residuo vegetal orgánico agrícola y residuos del proceso alimentario de frutas y hortalizas frescas, pues no existe otro tipo de residuo orgánico, como el animal, domiciliario o doméstico, ni de restaurantes, ni residuo químico industrial, comercial, tampoco se incluye al estiércol como fuente proveedora de nitrógeno. Asimismo, no se han usado aceleradores químicos ni sintéticos para la obtención del compost, ni equipos o biorreactores que estandaricen las condiciones de trabajo, todo ha sido realizado en forma natural y sin que cause ningún impacto negativo al ambiente.

IV. RESULTADOS

Después de cuatro (4) meses aproximadamente de iniciado la compostación de los residuos sólidos orgánicos tal como muestra la metodología, se obtuvo un compost estable, procediendo a ejecutar los análisis químicos y fisicoquímicos respectivos. Después de sesenta días (60) más, se humificó el compost y se realizaron los análisis de las sustancias húmicas. Según la gráfica 1, en las primeras semanas de compostación se agregó agua suficiente para humedecer las pilas, hacer las remociones y la aireación necesaria respectiva. Se tomó la temperatura desde la primera quincena de compostación. La lectura de los parámetros fue hecha con tres repeticiones, luego se promedió y también se obtuvo la desviación estándar.

Tabla 6

Medidas de temperaturas de las 4 pilas de compostación desde el inicio hasta el final de la compostación.

Medidas de temperaturas	Compost 1	Compost 2	Compost 3	Compost 4
Al inicio	24.3±2	23.5±2	24.1±2	22.1±2
Primera Quincena	27.1±2	25.11±2	25.5±2	23.1±2
Segunda Quincena	31.1±2	29.5±2	28.1±2	26.3±2
Tercera quincena	38.3±2	31.1±2	31.1±2	30.1±2
Cuarta quincena	45.1±2	42.5±2	41.5±2	39.3±2
Quinta quincena	46.3±2	44.1±2	42.1±2	39.1±2
Sexta quincena	35.2±2	32.1±2	34.1±2	30.1±2
Séptima quincena	31.3±2	29.1±2	28.1±2	27.5±2
Octava quincena	25.16±2	24.5±2	23.16±2	23.5±2

Tabla 7

Medidas de la relación C/N al inicio de la compostación en las 4 pilas.

	Compost 1	Compost 2	Compost 3	Compost 4
Al inicio	28.50±2	29,39±2	26.70±2	20.73±2

Tabla 8

Pesos de los residuos orgánicos compostados y el rendimiento del compost.

Materiales de trabajo: residuos orgánicos compostados	Peso aproximado residuos (kg)	Rendimiento del compost (%)
Pila 1 más MOMA	100	41.35±.25
Pila 2 más MOMA	100	42.70±0.35
Pila 3 más MOMA	100	40.25±0.55
Pila 4 sin MOMA	100	35.66±0.65

MOMA: microorganismos de montaña activados

Tabla 9

Humedad, pH, temperatura y densidad aparente del compost obtenido

Materiales resultantes (variable dependiente)	Humedad (%)	pH	Temperatura (° C)	D. aparente (g/cm³)
Compost 1 (Pila 1)	55.5±0.85	6.84±0.1	25.16±2	0.48±0.02
Compost 2 (Pila 2)	49.5±0.66	6.94±0.1	23.5±2	0.46±0.02
Compost 3 (Pila 3)	53.3±0.45	7.26±0.1;	23.16±2	0.51±0.02
Compost 4 (Pila 4)	54.2±0.55	5.58±0.1	23.00±2	0.61±0.02

Tabla 10

Conductividad eléctrica, capacidad máxima de retención de humedad, Capacidad de intercambio de cationes, Tamaño de partícula.

Materiales	Conductividad eléctrica. (dS/m)	Capacidad máxima de retención de humedad (%)	Cap. de int. de cationes (meq/100g)	Tamaño de partícula (mm)
Compost 1 (Pila 1)	27.37±0.3	68.58±0.2	48.3±0.5	3.66±0,01
Compost 2 (Pila 2)	18.20±0.3	50.87±0.2	51.3 ±0.5	3.66±0.01
Compost 3 (Pila 3)	15.32 ±0.3	51.43 ±0.2	47.3 ±0.5	3.33±0.01
Compost 4 (pila blanca)	12.56 ±0.3	59.25 ±0.2	46.3±0.5	3.88±0.01

Tabla 11

Carbono orgánico total, materia orgánica, nitrógeno total, fosforo total, relación carbono/nitrógeno y cenizas

Materiales	Carbono orgánico total (COT) (%)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno total (%)	Fosforo total (%)	Cenizas (%)	Relación C/N
Compost 1 (Pila1)	32.8±0.3	51.97 ±0.5	1.36±0.1	1.16±0.1	0.123±0.001	12.83±0.7
Compost 2 (Pila 2)	33.9±0.3	55.93±0.5	1.43±0.1	1.10±0.1	0.123±0.001	8.65 ±0.8
Compost 3 (Pila 3)	31.7 ±.3	54.57±0.5	1.46±0.1	1.2±0.1	0.117±0.001	11.98 ±0.8
Compost 4 (Pila 4)	31.1±0.3	51.36±0.5	1.03±0.1	1.03±0.1	0.186±0.001	13.13±0.8

Tabla 12

Extracción en porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos

Materiales	Ácidos húmicos (%)	Ácidos fúlvicos (%)
Compost humificado 1	3.44±0.5	1.31±0.3
Compost humificado 2	3.30±0.5	1.46±0.3
Compost humificado 4	3.56±0.5	1.28±0.3
Compost humificado 4	2.54±0.5	0.83±0.3

Tabla 13

Presencia de grupos funcionales en las sustancias húmicas y fúlvicas extraídas.

Materiales	Análisis espectrofotométricos de las sustancias húmicas para detectar grupos químicos funcionales.		
	Método: infrarrojos con Transformada de Fourier (FTIR)		
	Presenta grupos funcionales (GF)		
	-No presenta grupos funcionales. (NGF)		
Compost humificado 1	GF	GF	GF
Compost humificado 2	GF	GF	GF
Compost humificado 3	GF	GF	GF
Compost humificado 4	NGF	NGF	NGF

Tabla 14

Prueba del índice de germinación de semilla de maíz.

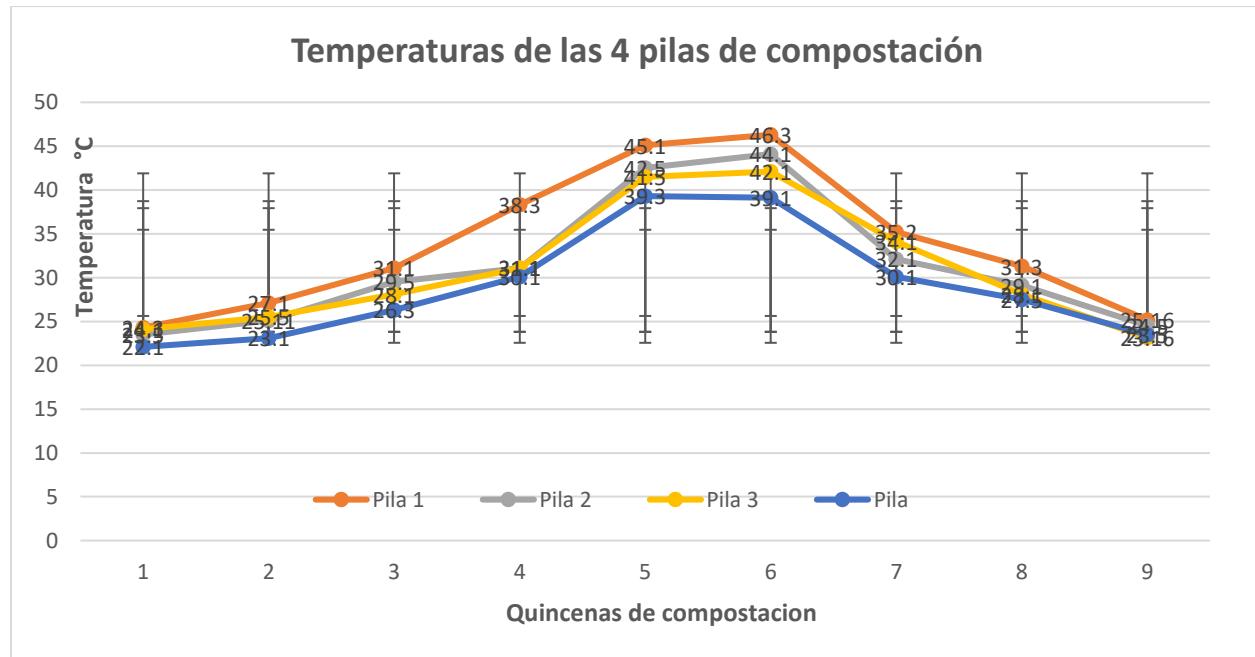
Tratamientos del compost en la prueba de germinación.	Evaluación del compost con la arena	Índice de germinación (%)
Materiales	Compost (%)	Arena (%)
Tratamiento 1/Compost 1 (TC1)	80	20
Tratamiento 2/Compost 2 (TC2)	80	20
Tratamiento 3/Compost 3 (TC3)	80	20
Tratamiento 4/Compost 4 (TC4)	80	20
Testigo (TSC5)	0	20

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De la primera etapa de la compostación y de la segunda que corresponde a la humificación, se han dado resultados coincidentes con la literatura científica, sin embargo, muchos de los datos obtenidos estuvieron fuera de los registros de las normativas, debido a factores propios de la experiencia. Las discusiones están estructuradas sobre la base de los resultados y comparada con los trabajos de soporte científico, además de lo indicado por las normas técnicas sudamericanas y europeas. La parte estadística ha sido hecha en forma específica para los resultados del contenido de sustancias húmicas en el compost y para el índice de germinación. Las tablas de resultado se explican didácticamente con las figuras para cada parámetro o conjunto de ellos, siendo respaldado por una explicación sobre la base de contraste de resultados.

Figura 8

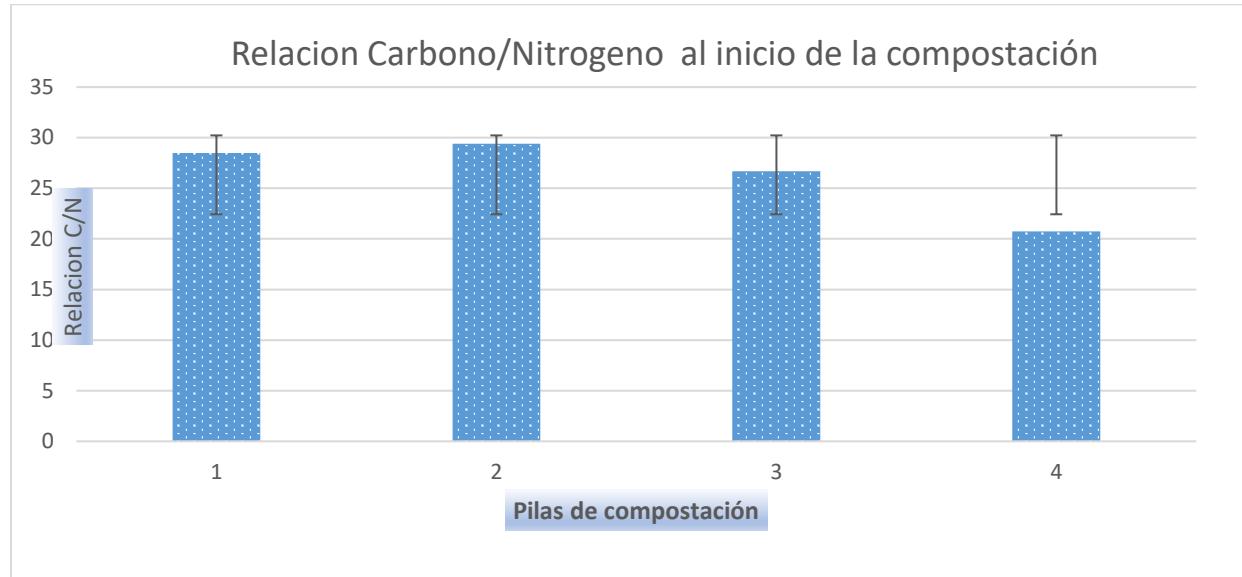
Temperaturas de las 4 pilas de compostación



De la tabla 5, visualizada en la figura 8 se registró las medidas de la temperatura durante la compostación de las cuatro pilas, que durante las primeras semanas se agregó agua suficiente como para que se humedezcan las mismas y las remociones necesarias para la aireación respectiva. Iniciándose por encima de los 20 °C la primera pila llegó a un pico máximo de 46.3 °C en la sexta quincena y de ahí descendió hasta un valor muy cercano a los 20 °C la quincena 9. La pila 4 tuvo una máxima temperatura alcanzada de 39.1 °C, generando poco calor, ello probablemente a que no se le agregó microorganismos de tierra de montaña, mientras que la pila 2 y 3 tuvieron picos altos muy cercanos a la primera pila (44.1°C y 42.1 °C respectivamente). Lo que se reporta son situaciones muy similares a lo presentado por Vera (2018) y Diaz et al. (2022). Este comportamiento es debido al trabajo de los microorganismos mesófilos (Ansorena, 2016) que en un inicio degradaron rápidamente los componentes químicos sencillos de los residuos orgánicos, como los azúcares (Márquez, 2023), consumiendo oxígeno y generando calor. Luego las sustancias más complejas fueron degradadas por los microorganismos termófilos (Martínez y Henares, 2023). Finalmente empieza a descender la temperatura, hasta que actuaron otros tipos de microorganismos (actinomicetos) que degradaron la lignina, celulosa y hemicelulosa hasta sustancias precursoras de las sustancias húmicas (ácidos polis fenólicos, azúcares y aminoácidos), que, por procesos químicos de polimerización y condensación, los núcleos aromáticos y las cadenas alifáticas se humificaron mediante procesos biológicos de acción bacteriana específica (Montes et al., 2021).

Figura 9

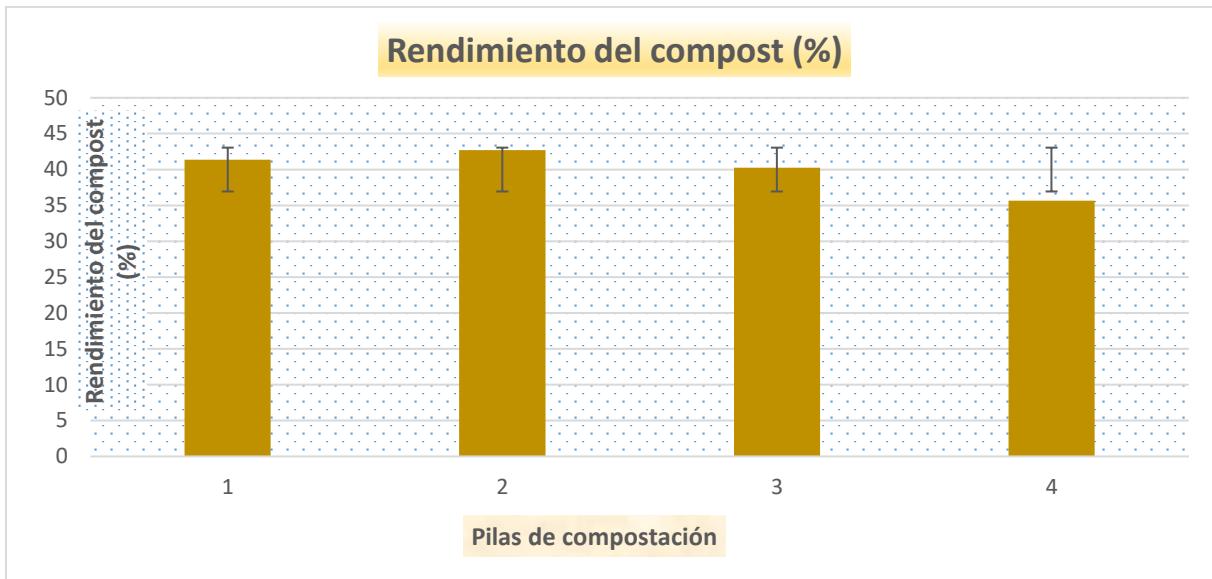
Relación Carbono/Nitrógeno al inicio de la compostación



En la tabla 7, apoyada en la figura 9 se inicia la compostación con la relación C/N de los residuos, con valores de 28.50 ± 2 ; 29.39 ± 2 ; 26.70 ± 2 y 20.73 ± 2 en el orden respectivo de la primera hasta la cuarta pila de compostación, indicando buena relación para iniciar el proceso según Diaz et al. (2022), Bermeo (2022); sobre todo la pila 2 que estuvo cerca al 30 y la pila 4 teniendo una baja relación por contener poco material leñoso. Por otro lado, la relación C/N por encima de 20 es un buen indicador (Bermeo, 2022), porque significa iniciar con residuos que han contenido significativa cantidad de materia orgánica (Ansorena, 2016), como los rastrojos de cosechas de raíces y tallos de maíz, camote, papa, ajos y cebollas, intercalada verticalmente en la pila compostada, tal como se aprecia en la pila 2 y 3 que es justo donde se tiene los más altos valores; además de contener también restos de hojas secas, pajillas de cebollas cáscaras y semillas de frutas, que en general son buenos materiales compostables con buen contenido de carbono, tal como lo manifiestan Kałuża-Hałdyn et al. (2019) y Soto et al. (2019).

Figura 10

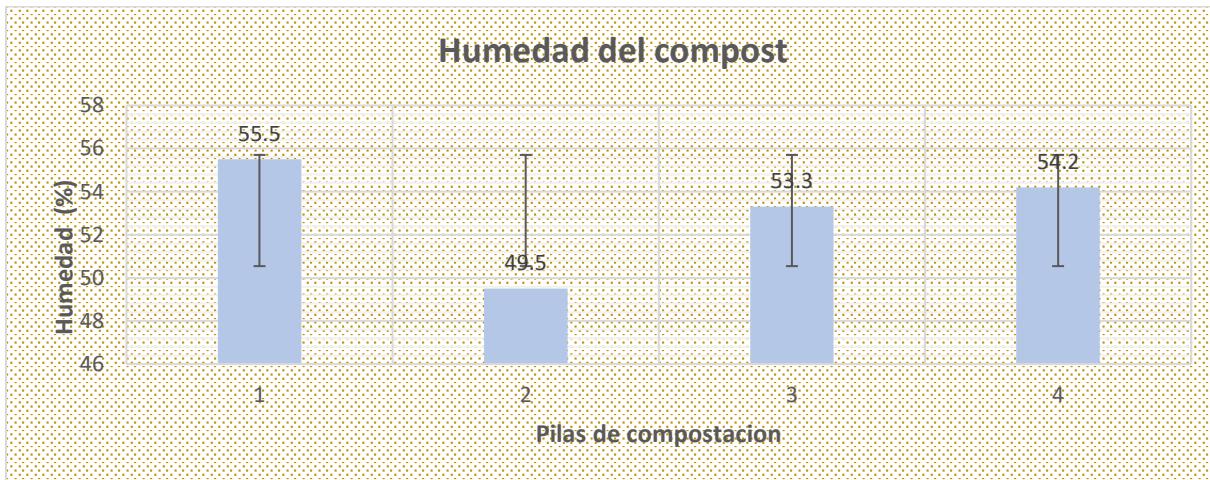
Rendimiento del compost (%)



Los resultados finales promedio del rendimiento de las pilas de compostación T1, T2, T3 y T4 fueron en ese orden; según la tabla 8 visualizados en la figura 10, son: $41.35\pm.25$; $42.70\pm.35$; $40.25\pm.55$; $35.66\pm.65$, resaltando la pila 2 el mayor rendimiento, muy probable que haya sido por la composición inicial, con un alto nivel de rastrojos y un buen trabajo de microorganismos y condiciones de aireación y humedad (NCAT,2015), (Vargas-Pineda et al., 2019). Estos valores son muy similares a los reportados por Barrera y Hurtado, (2020), obteniendo un valor de 40%, y ello debido a que el proceso también fue en 4 meses bajo los mismos esquemas de trabajo, solo que los componentes compostables variaron en su composición.

Figura 11

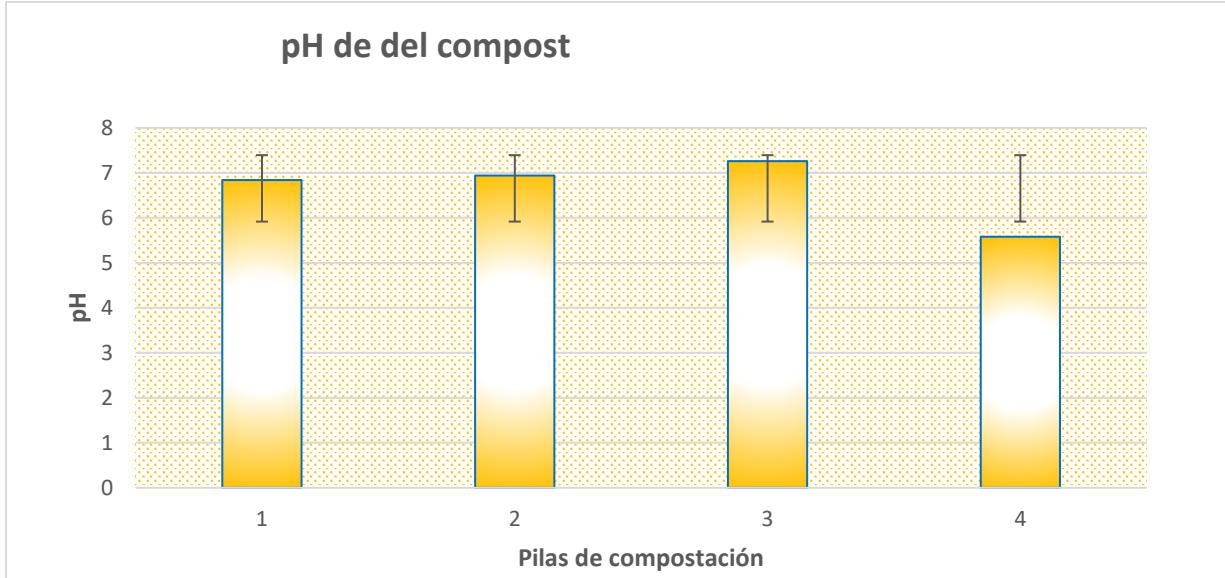
Humedad del compost (%)



Los resultados finales promedio del porcentaje de humedad, siguiendo el orden de compostación T1, T2, T3 y T4 fueron: 55.5 ± 0.85 ; 49.5 ± 0.66 ; 53.3 ± 0.45 ; 54.2 ± 0.55 , si bien su reporte es importante pero no determinante (Ansorena, 2015) es necesario saber su valor al momento de tener su uso agronómico de fertilizante o de sustrato. En la experiencia se tuvo un valor por encima del 50% a excepción de la pila 2, valores similares a los compost obtenidos en los trabajos de Diaz et al (2022), Domínguez (2023) y Camacho et al (2018). La humedad está en los niveles de 49-56%, muy elevado según normativa NCh. 2880.Of2004 CONAMA. 2004, en donde requeriría secar si se utiliza como fertilizante para que haya buen trabajo de los microorganismos aerobios, buena ventilación y la garantía que circule muy bien el oxígeno,

Figura 12

pH del compost (%)

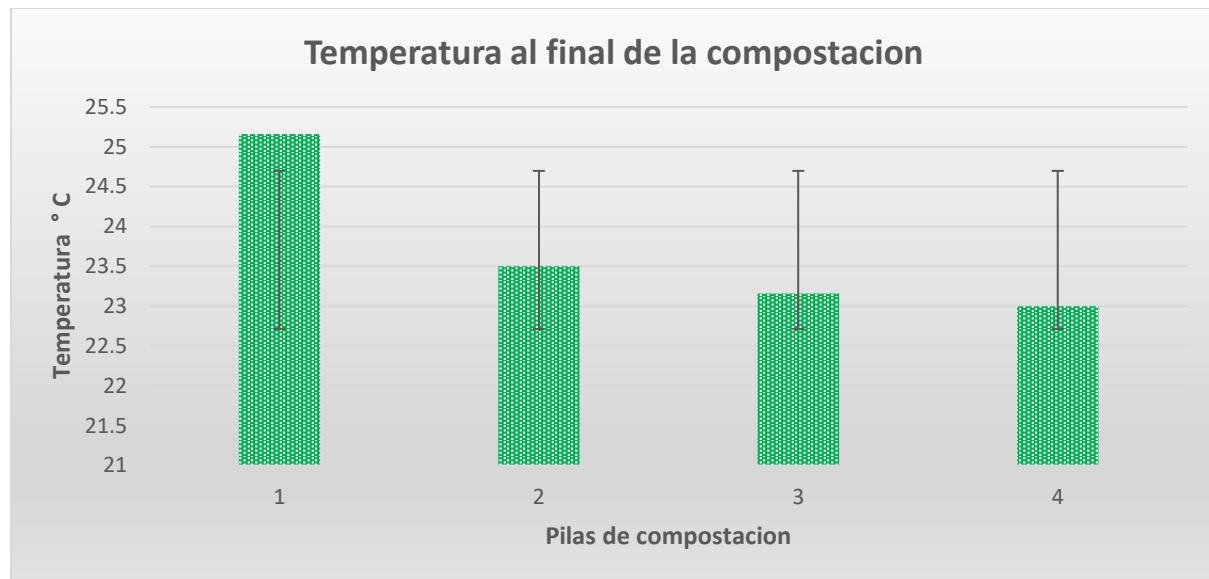


Los resultados finales promedio del pH, en el orden de compostación T1, T2, T3 y T4 fueron: 6.84 ± 0.1 ; 6.94 ± 0.1 ; 7.26 ± 0.1 ; 5.58 ± 0.1 . Para las pilas formadas los valores de pH del compost obtenido guardan relación con los valores de la Hoja de Datos: compost (NCAT, 2015), algunos resultados, como el del T4, varían con los proporcionados por la NORMA TÉCNICA PERUANA 201.208:2021. FERTILIZANTES; y además hay similitud con los reportes de la investigación de Huerta y Treviño (2021); Bailón (2021); Santos (2019) y Zhang (2023). El hecho de estar el pH muy cerca a los valores de neutralidad, a excepción de la pila 4, refleja una composición compostal que ha sido hecho de materiales o sustratos equilibrados en sales y minerales (Ansorena, 2015); sobre todo de residuos de hortalizas en proporción muy similar a los rastrojos vegetales, cuyo proceso ha permitido un aumento del pH paulatino, desde una acidez moderada hacia la alcalinidad, (rango de valores finales de pH 5.48-7.27), que al iniciar el proceso fue ácida por la descomposición microbiana mesófila (los valores indirectamente están indicando una adecuada aireación y liberación de ácidos orgánicos), pero que llegó a la fase termófila y con ello la

generación de amoniaco (NH_3), producto de la descomposición del material compostado, el cual va ir desapareciendo hasta el final de la compostación y transformarse en sustancias estables durante la humificación.

Figura 13

Temperatura al final de la compostación



En la tabla 8 visualizado en la figura 13; la temperatura final ($^{\circ}\text{C}$): 25.16 ± 2 ; 23.5 ± 2 , 23.16 ± 2 ; 23.00 ± 2 son las que se registraron al final de la compostacion en las pilas, tal orden ya mencionado. Con los aportes de la investigación de Huerta y Treviño (2021); Santos (2019) y Zhang (2023) se dijo que la temperatura se llega a estabilizar entre 23 y 25 $^{\circ}\text{C}$ (niveles de temperatura ambiental) después del periodo de compostación, muy similar a la experiencia desarrollada; ya que desde un inicio la temperatura en la compostación es muy similar a la del final, pero en la medida que pasan las semanas se incrementa hasta un punto o rango en la cual trabajan las bacterias termófilas (40°C - 60°C) y desciende la temperatura hasta la estabilización y continuar con la maduración.

Figura 14

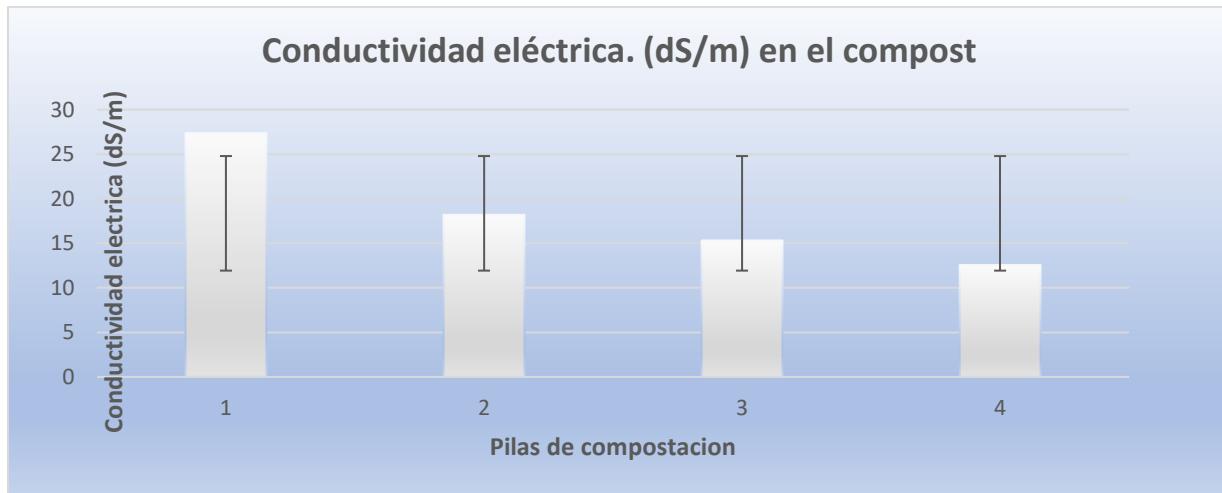
Densidad aparente del compost



En la tabla 8 visualizado en la figura 14; se reportó la densidad aparente (g/cm^3) con los siguientes valores: 0.48 ± 0.02 ; 0.46 ± 0.02 ; 0.51 ± 0.02 ; 0.61 ± 0.02 . Lo reportado guarda relación con los valores de la Hoja de Datos: compost (NCAT, 2015) así como lo señalados por el INACAL (2022). NTP 201.208:2021 FERTILIZANTES; los reportes de Huerta y Treviño (2021); Santos (2019), Zhang (2023) y Ansorena (2016) en donde los valores están en el rango de $0.46\text{-}0.61 \text{ g}/\text{cm}^3$, dentro de los cuales el nivel de porosidad es adecuado, suficiente y útil como fertilizante para la actividad agrícola, dentro de los estándares de calidad (Huilahuaña, 2023). Es importante también calcularla, porque permite tener información acerca de la cantidad de sustrato contenido al comprar un volumen determinado. De otro lado es útil para controlar el grado de mineralización de algunos ingredientes, la inclusión de ingredientes inorgánicos o la estabilidad de algunas plantas.

Figura 15

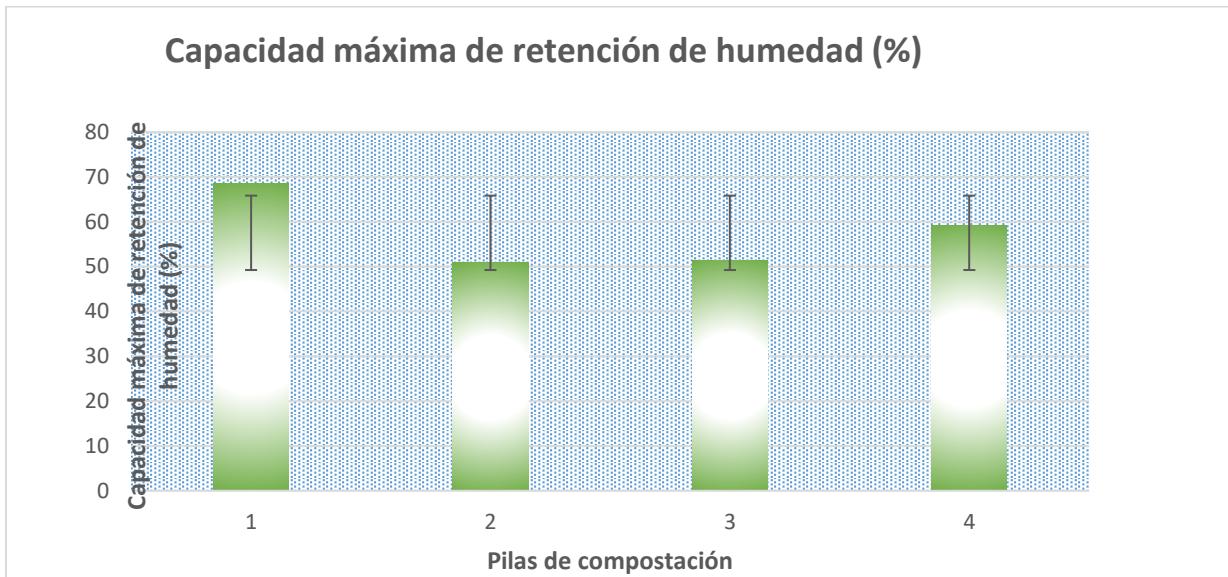
Conductividad eléctrica (dS/m) en el compost.



En la tabla 9, se tuvo los siguientes valores para la conductividad eléctrica (dS/m) $27.37 \pm 0.3, 18.20 \pm 0.3, 15.32 \pm 0.3, 12.56 \pm 0.3$; visualizado en la figura 15 reportan valores superiores a 8 dS/m, representando a un compost por fuera de la clasificación de la Norma Oficial Chilena 2880 (N Ch. 2880.Of2004) (tipo A y tipo B), ya que existe una probabilidad alta de la existencia de metales pesados (se utilizó residuos de cultivos donde han utilizado fertilizantes sintéticos), pues está saliendo de los estándares de calidad (Atoche, 2023) evitando su uso en la fertilización de cultivos alimentarios y causar problemas de fitotoxicidad, sin embargo, se puede usar en cultivos ornamentales. Por sus altos valores de CE puede tener un uso alternativo, como intercambiador catiónico en el uso de filtros cuando se quiera limpiar un material con alta dureza. Los valores de conductividad que se han dado son elevados, más de los que reporta Zhang et al. (2021); Chang et al, (2019) y Vera (2018); ello probablemente debido al material lignoso y celulósico con ciertos niveles de minerales en las diferentes pilas.

Figura 16

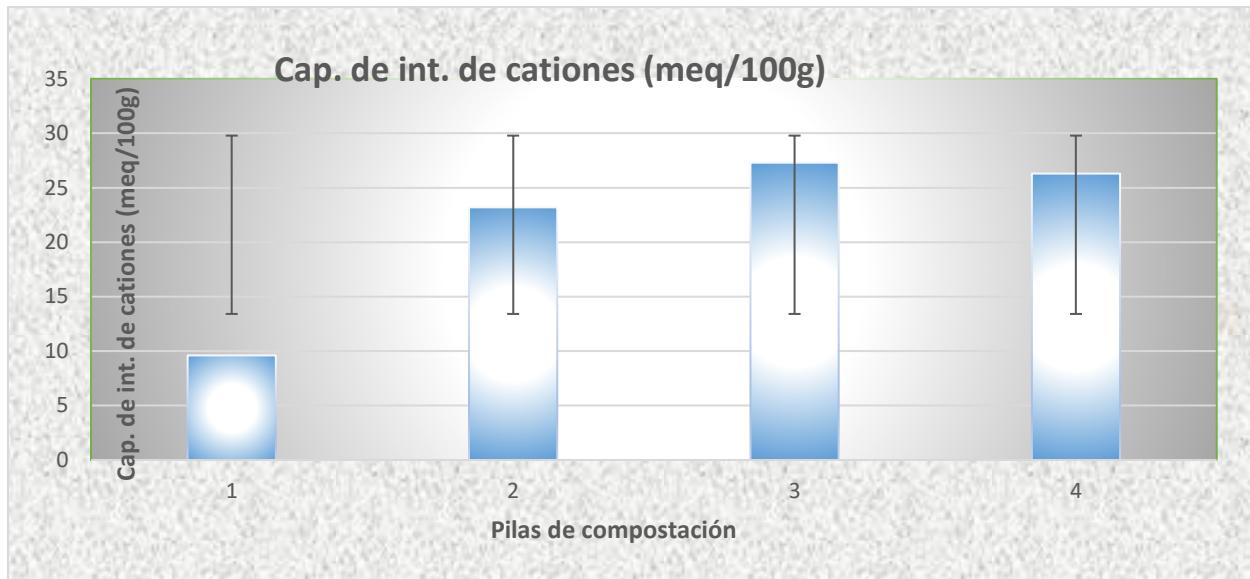
Capacidad máxima de retención de humedad (%) del compost.



Para los valores de la capacidad máxima de retención de humedad (visualizado en la figura 16) sus valores son (%): 68.58 ± 0.2 , 50.87 ± 0.2 , 51.43 ± 0.2 , 59.25 ± 0.2 . y sus niveles estuvieron por encima del 50 %, indicando que el compost presenta material con suficiente y buena cantidad de fibra, porosidad, permeabilidad, capacidad de absorción y adsorción, Las pruebas para determinar los valores de retención de humedad se encuentran dentro de los métodos del Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC); los cuales se mencionan en la normativa Oficial Chilena 2880 (N Ch. 2880.Of2004) y de los que reporta en sus investigaciones Chang et al. (2019) y Santos (2019).

Figura 17

Capacidad de intercambio de cationes (meq/100g) del compost.

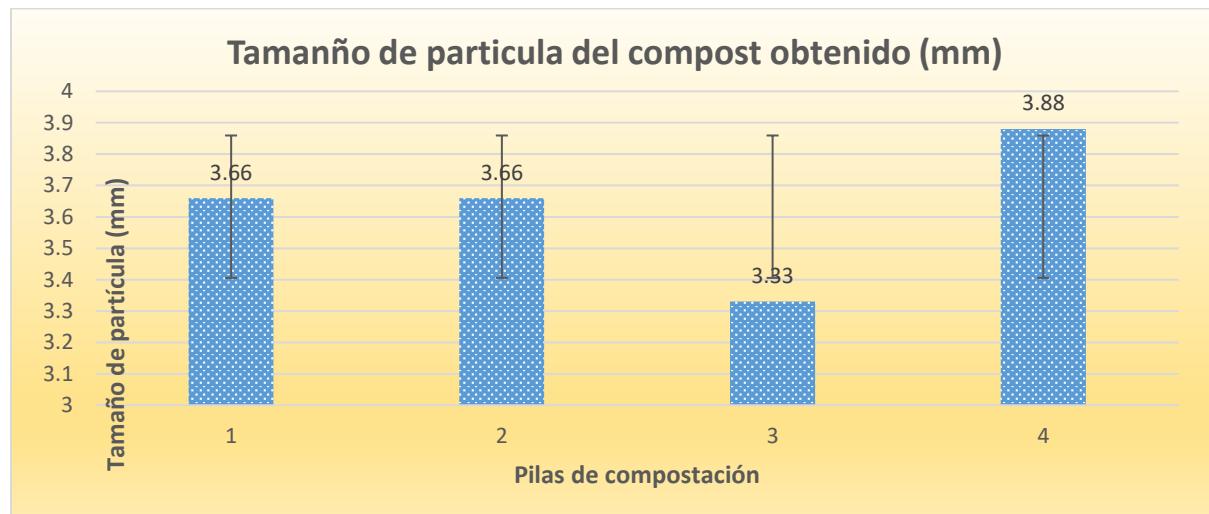


La capacidad de intercambio de cationes (CIC) visualizados en la figura 17, medidas en las 4 pilas fueron los siguientes (meq/100g): 9.60 ± 0.5 , 23.20 ± 0.5 , 27.3 ± 0.5 , 26.3 ± 0.5 , que según los resultados de Oviedo et al. (2019) y Kloster et al. (2022), fueron los adecuados para experiencias similares, además de guardar relación con el pH, ya que, a valores altos, cercanos a 7 o encima de este, los valores de CIC son superiores a 10 (meq/100g), tal lo obtenido en la experiencia. Este parámetro puede ser considerado como la suma de cationes que pueden ser absorbidos por unidad de peso o volumen del sustrato si se encontraren cationes NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{+2} , K^{+1} , Na^{+1} en proporciones variables dependiendo de la concentración en el material. Es implica que compost contiene considerables cargas eléctricas negativas en la superficie de las partículas, quienes tienen la capacidad o propiedad de adsorber e intercambiar con la solución acuosa los nutrientes minerales que se encuentran disueltos en forma iónica; evitando también de alguna manera las

precipitaciones de sales en exceso que podrían ser solubles e incorporarse a la planta, si es que el compost funcionase como un abono (Ansorena, 2016)

Figura 18

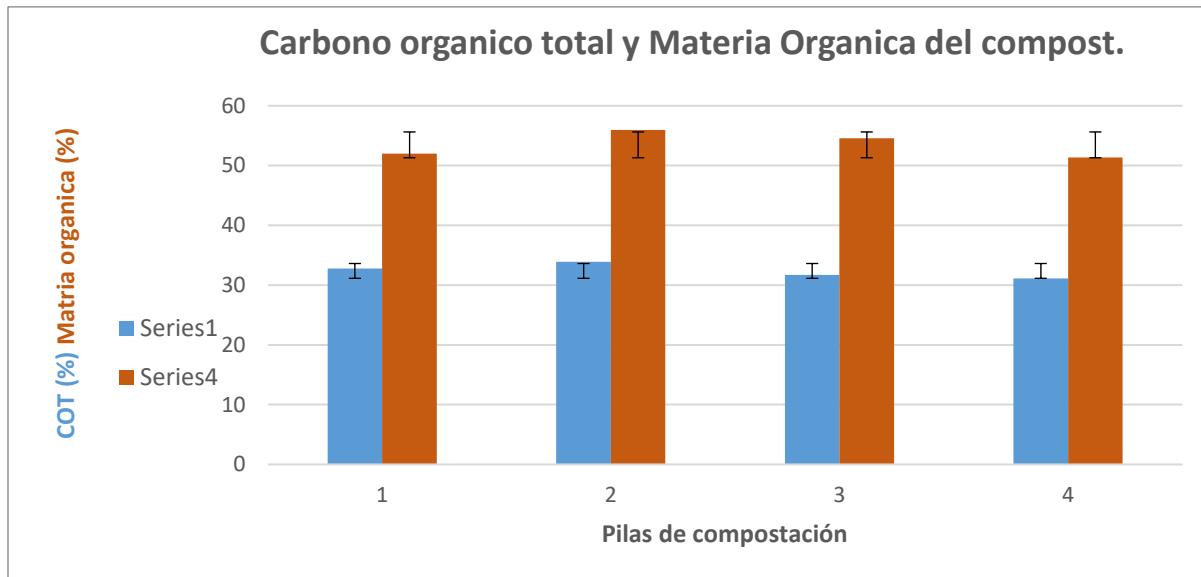
Tamaño de partícula (mm) del compost.



Para el tamaño de partícula (mm) se reportaron los siguientes resultados: 3.66 ± 0.01 ; 3.66 ± 0.01 ; 3.33 ± 0.01 ; 3.88 ± 0.01 ; mostrando valores de un compost con propiedades para la fertilización según Beltrán y Bernal (2022). Según Ansorena (2016), para partículas de dimensiones comprendidas entre 1 y 10 mm, tanto la porosidad como la cantidad de agua retenida por el compost varía poco con el tamaño de partícula, por debajo de 1 mm aumentará la retención de agua y disminuirá la porosidad, en ese sentido, el compost obtenido presenta una equilibrada retención y porosidad. Hubo varios factores que influenciaron en la obtención o distribución de este tamaño de partícula Ríos (2023) como cuando los materiales no fueron picados en su totalidad, los volteos no fueron suficientes en algunos momentos del proceso o la composición del material en las pilas tuvieron más fibra o más material orgánico sólido (pilas 2 y 3).

Figura 19

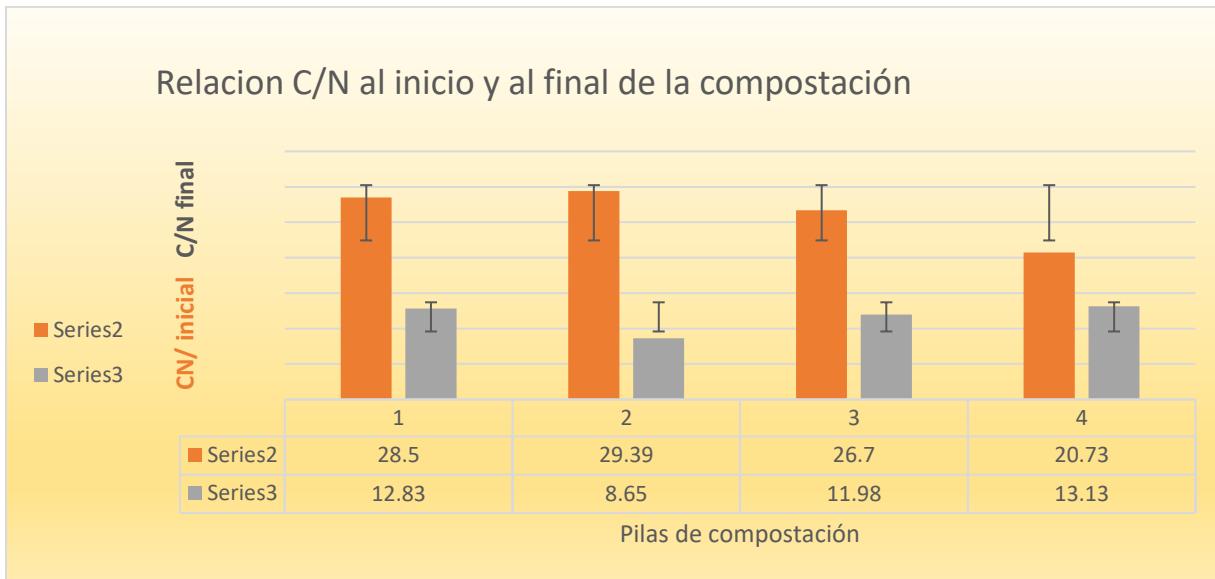
Carbono orgánico total (%) y materia orgánica (%) del compost.



En la Tabla 10, reflejado en la figura 19, se reportó carbono orgánico total (COT) (%): 32.8 ± 0.3 ; 33.9 ± 0.3 31.7 ± 0.3 ; 31.1 ± 0.3 ; la materia orgánica (%): 51.97 ± 0.5 ; 55.93 ± 0.5 54.57 ± 0.5 ; 51.36 ± 0.5 , resultados muy similares a las investigaciones de Oviedo-Ocaña et al. (2019); Huilahuaña (2023), Diaz et al (2022) y Bailón (2021). Los valores altos de la materia orgánica (MO) al final de la compostación, hace inferir que se presenten valores muy cercanos o mayores que el carbono orgánico total (COT), tal como se aprecia en el caso estudiado, valores mayores al 50%, muy superior a la Norma Oficial Chilena 2880 (N Ch. 2880.Of2004). Se aprecia también que la pila 02 tiene mayor porcentaje de carbono orgánico total y también mayor porcentaje de materia orgánica con respecto a las otras pilas, debido a la mayor proporción de material leñoso al iniciar la compostación (Kałuża-Haładyn et al., 2019), (Soto et al., 2019); (Dores et al., 2018) y (Mansi et al., 2020).

Figura 20

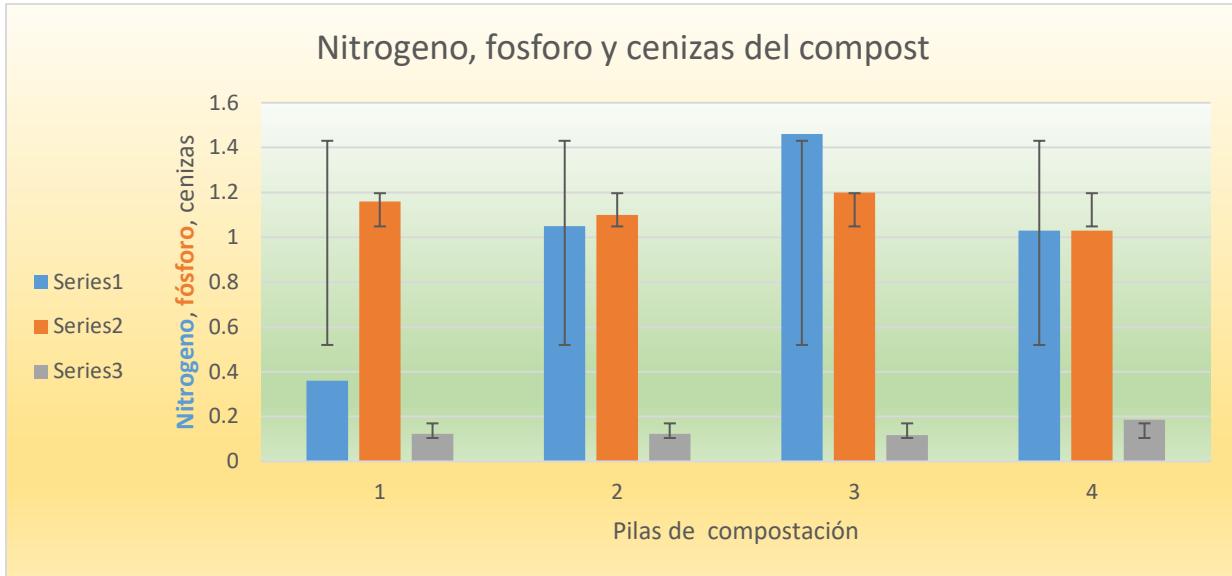
Relación Carbono/Nitrógeno al final de la compostación.



En la tabla 11, visualizado en la figura 20 se determinó la relación C/N: 12.83 ± 0.7 ; 8.65 ± 0.8 ; 11.98 ± 0.8 ; 13.13 ± 0.8 al final de la compostación. La relación carbono/nitrógeno resalta cantidades adecuadas, puesto que cuanto más bajo sea el valor de este cociente, más mineralizado está el material (Ansorena, 2016), y esto debido a la buena proporción de las materias primas utilizadas y a la actividad de los microorganismos de montaña (Gonzales, 2023), activados anaeróbicamente con melaza-agua, afrecho; además la aireación, el agregado de agua y el manejo de temperatura (Guerrero, 2021) provocaron en su conjunto una acelerada descomposición de la materia vegetal (Dores et al., 2018) y (Mansi et al., 2020). Los valores de C/N al final de la compostación se comparó con la Norma Oficial Chilena 2880 (NCh. 2880.Of2004); determinando dichos parámetros de calidad menor a 15, valor que indica un material contenido carbono y nitrógeno para ser utilizado como fertilizante, siendo muy similar estos resultados a lo que obtuvo en su investigación Diaz et al. (2022).

Figura 21

Nitrógeno, fósforo y cenizas del compost.

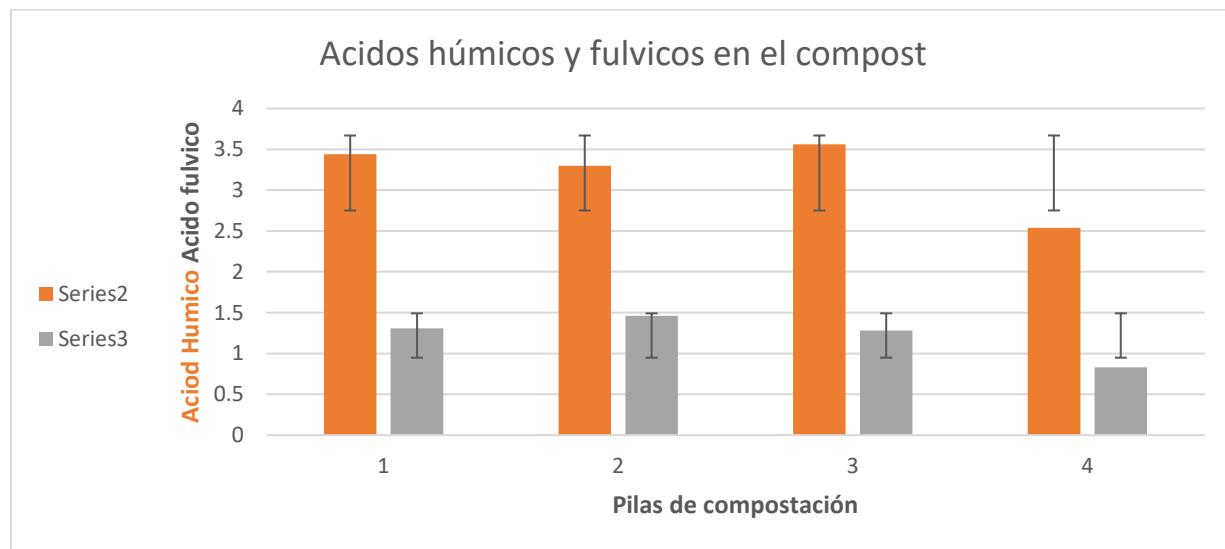


Para el nitrógeno total (%): 1.36 ± 0.1 ; 1.43 ± 0.1 ; 1.46 ± 0.1 ; 1.03 ± 0.1 y el fosforo total: 1.16 ± 0.1 ; 1.10 ± 0.1 ; 1.20 ± 0.1 ; 1.03 ± 0 , más los valores de ceniza: 0.123 ± 0.001 ; 0.123 ± 0.001 ; 0.117 ± 0.001 ; 0.186 ± 0.001 , mostrado en la figura 21, se tienen valores cercanos a los estándares de la Norma Técnica Española dada por Real Decreto 824 (Ministerio de la Presidencia, 2005), la norma mexicana NADF-020- AMBT-2011, las guías de la Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME); la Norma Austriaca ONORM S2220 (1993), la norma de la California Compost Quality Council CCQC (2001), y la norma AS4454-1999 Australian Standard Compost Soil Conditioners and Mulches, todas ellas mencionadas por Ansorena (2016); las cuales toman en consideración ciertos métodos del Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC). Con respecto al estándar nacional (INACAL 2022, NTP 201.208:2021 FERTILIZANTES) se encuentran valores por debajo, muy probable el compost aún este inmaduro y no concluyan los procesos de desnitrificación o no haya suficientes bacterias nativas

solubilizadoras de fosfato (Velasco, 2021). Los contenidos de ceniza (que no son considerados por la CONAMA 2004 NCh. 2880.Of2004), son valores altos con referencia a otros estudios. Esto se debe en buena medida a la cantidad considerable de material leñoso utilizado para la compostación (Ríos, 2023).

Figura 22

Ácidos húmicos y fúlvicos del compost.



De la tabla 11 representado en la figura 22, el porcentaje de ácidos húmicos en el mismo orden de compostación fue: (%) 3.44 ± 0.5 ; 3.30 ± 0.5 ; 3.56 ± 0.5 ; 2.54 ± 0.5 , seguido de los ácidos fúlvicos en ese mismo orden fue (%): 1.31 ± 0.3 ; 1.46 ± 0.3 ; 1.28 ± 0.3 ; 0.83 ± 0.3 . Estadísticamente no hay diferencia significativa entre la producción de sustancias húmicas entre las pilas de compostación para un nivel de significancia de 5%. Según Kałuża-Haladyn et al. (2019), la obtención de sustancias húmicas se usa como índice de madurez del compost, siendo esta aseveración comprobada ya que se ha obtenido acido húmico y acido fúlvico en porcentajes similares a otras investigaciones. Según Kloster et al (2022), las sustancias húmicas forman parte

de la materia orgánica presente en un sustrato como es el compost o como lo es el suelo (Dores-Silva et al., 2018); contienen grupos funcionales cargados negativamente (carboxílico, fenólicos, entre otros) que son los que retienen los cationes evitando que sean lavados con el agua. En ese sentido era de esperar, encontrar dichas sustancias formando parte de los nutrientes, así como metales (Solarte, 2020) unidos a ellas y una carga bacteriológica en el compost contenido las mismas. Con este resultado se está dando respuesta al objetivo general, ya que se sintetizó las sustancias húmicas con la metodología planteada y la utilización de microorganismos de tierra de montaña (Camacho et al., 2018); (Mansi et al., 2020), (Wei, 2023), (Tsukanka, 2023); (Medina-Herrera, 2020).

Figura 23

Presencia de grupos funcionales en las sustancias húmicas del compost.



Con estos resultados se estaría complementando la respuesta al objetivo general y al tercer objetivo específico, pues se dice que la calidad de las sustancias húmicas están en función a la calidad de los compostados, ya que cuantitativamente hay sustancias húmicas con porcentajes significativos y cualitativamente presenta grupos químicos aromáticos funcionales de gran

importancia (Kałuža-Haladyn et al., 2019), (Soto et al., 2019), así como presumiblemente existen grupos oxhidrilos, carbonilos y carboxílicos que pudiesen formar parte de las cadenas alifáticas de las sustancias húmicas (Cortez, 2020), (Norma ISO 19822:2018); según el reporte espectrofotométrico infrarrojo.

Figura 24

Grafica de la absorbancia vs número de onda (cm^{-1}) para las sustancias húmicas en compósito de la pila 2 y 3 en FTIR (espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier) con ATR (Reflectancia total atenuada)



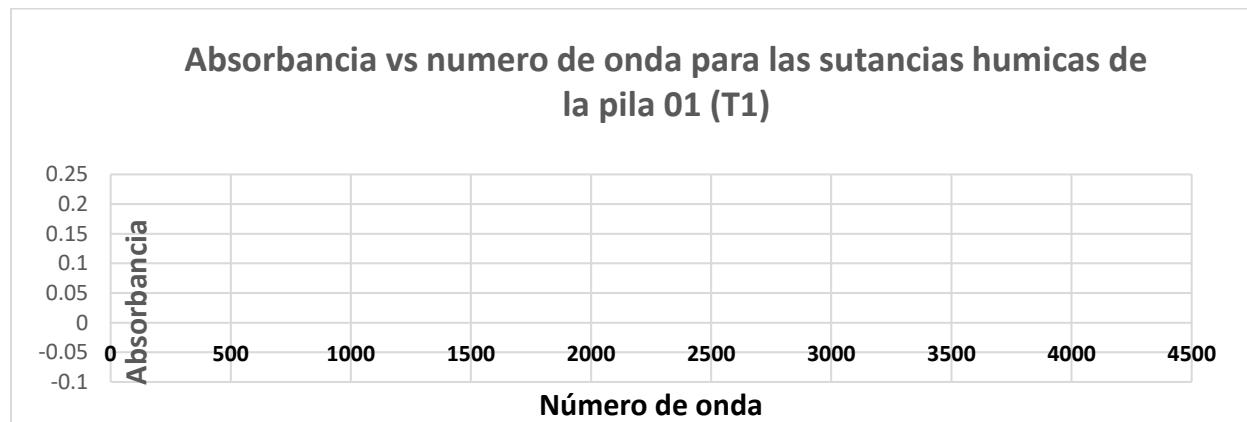
Según la gráfica 24, en los picos de absorbancias (entre 0,08 y 0,18) ubicados entre los números de onda 1000 cm^{-1} y 1620 cm^{-1} , hay la presunción de haber ubicado grupos químicos funcionales, sintetizados durante la humificación de ácidos húmicos y fúlvicos (Cortez, 2020). Para realizar esta lectura se hizo un compósito de las muestras de la pila 2 y pila 3, ya que tienen estructuras compostales muy similares, sobre todo el intercalado de la materia leñosa que proviene de rastrojos de raíces y tallos de cosechas de maíz, camote, papa, ajos y cebolla. Según la norma ISO 19822:2018; tanto los ácidos húmicos y fúlvicos, presentan bandas espectrales similares,

prevaleciendo los doble picos (absorbancias entre 0.29 y 0.24) en la banda que se lee entre 1720 cm^{-1} y 1620 cm^{-1} , entonces existe una alta probabilidad de haber encontrado grupos aromáticos en cualquiera de las sustancias; claro está que en el experimento los picos de la banda se leen en otros rangos, solo teniendo como único pico similar la onda cuya frecuencia es 1620 cm^{-1} . También existe un pico con una absorbancia por encima de 0.1 y ubicado entre el número de onda 3300 cm^{-1} ¹ que presumiblemente pueden ser grupos tioles (degradación de material azufrado) (Dores et al., 2018).

De la tabla 11, con ayuda de un dispositivo ATR (Reflectancia total atenuada) se midió directamente la muestra compostada y humificada cualitativamente, reportándose en los tratamientos de la pila 2 y pila 3, grupos funcionales que presumiblemente han podido ser hidroxilos, grupos carbonilos, enlaces tipo éster y presumiblemente aldehídos (Soto et al., 2019).

Figura 25

Grafica de la Absorbancia vs número de onda (cm^{-1}) para las sustancias húmicas de la pila 1 en FTIR (espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier) con ATR (Reflectancia total atenuada)



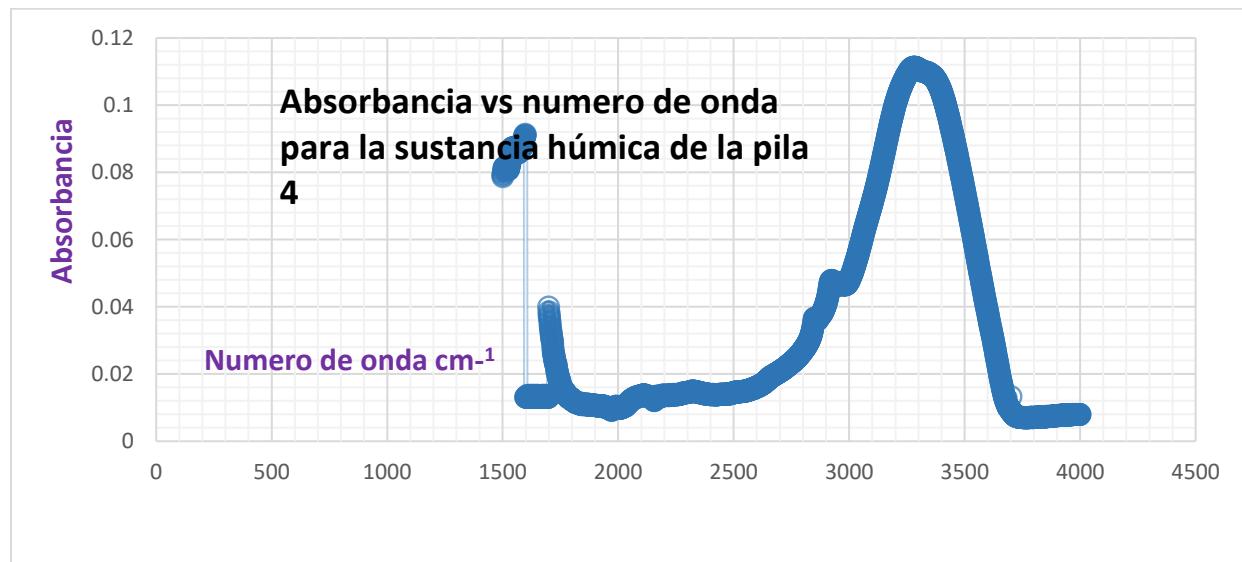
En la figura 25 correspondiente a la pila 01, los picos de absorbancia entre 0.18 y 0.07, ubicados entre 1000 cm^{-1} y 1620 cm^{-1} , son muy tenues, existiendo la posibilidad de haber

sintetizado sustancias húmicas con pocos grupos químicos funcionales (Cortez, 2020); teniendo en cuenta que los ácidos húmicos y fúlvicos presentan grupos funcionales similares, pero en cantidad diferente (Leyva y Castillo, 2022)

De lo visto en la figura 24 y figura 25, se puede inferir que la pila 02 y la pila 03 (figura 24), estuvo hecho con una mayor proporción de restos agrícolas contenido rastrojos de cosechas, según la figura 7 en comparación con las otras pilas, por ende, contienen mayor proporción de residuos con mayor cantidad de carbono total (ver figura 19) en consecuencia mayor cantidad de materia orgánica desagregado en compuestos lignocelulósicos, como lignina (20%), celulosa (38%) y hemicelulosa (32%) (De Compostaje, R. E. 2015).

Figura 26

Grafica de la Absorbancia vs número de onda (cm^{-1}) para las sustancias húmicas de la pila 4 en FTIR (espectrofotometría infrarroja con transformada de Fourier) con ATR (Reflectancia total atenuada).

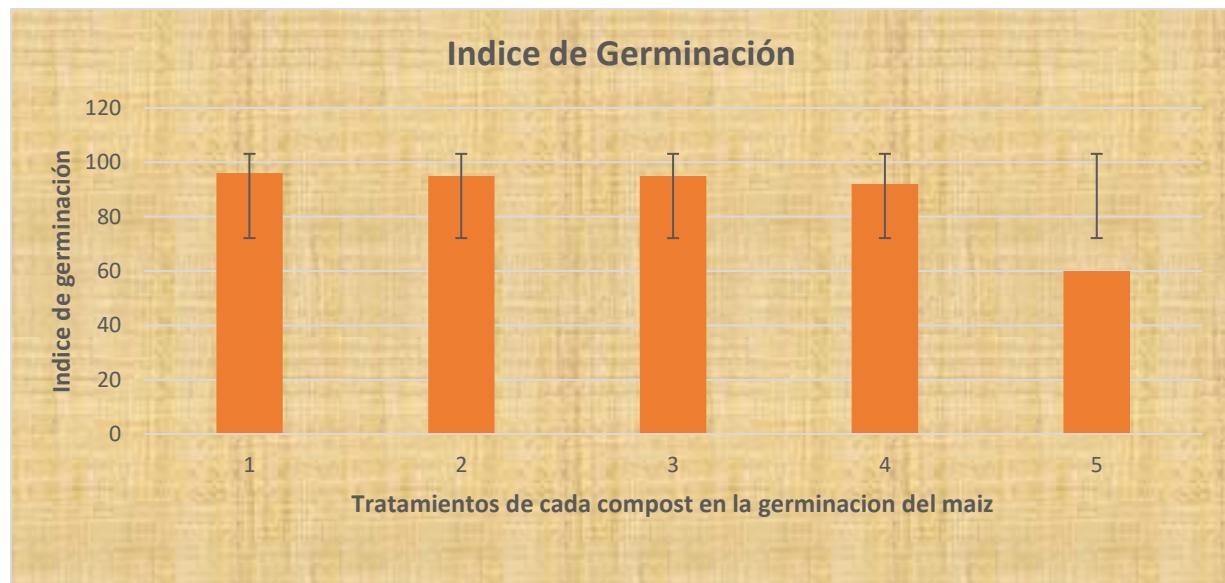


Para el tratamiento de la pila 04, evidenciado en la figura 26 el compostado y humificado no reportó grupos funcionales en las frecuencias propias de ellas, referentes por la norma ISO

19822:2018. La ausencia de grupos funcionales ha sido porque no compostó con microorganismos de montaña activados (Mansi et al., 2020); (Zhang et al., 2023); (Pérez, 2023). Además, durante la humificación no hubo maduración total de los precursores húmicos, resultando la síntesis con pocos o ningún grupo aromático, sino muy probablemente la síntesis de sustancias húmicas con cadenas alifáticas acíclicas o alicíclicas (Navarro, 2023) provocando que los picos de absorbancia hayan sido bien tenues y no se manifiesten en la lectura FTIR (Méndez et al., 2020), (Cortez, 2020).

Figura 27

Índice de germinación del maíz al fertilizar con compost



De la tabla 12 visto en la figura 26, se apreció el índice de germinación de la semilla de maíz (durante 20 días) al utilizar como sustrato-fertilizante (80% +20% arena) el compost producido en las 4 pilas (Carlos, 2023); (Pérez-Bárcena et al., 2021); (Vargas 2019). Este producto que contiene sustancias húmicas, que al utilizarlo con arena ocasionan más del 90 % del índice de germinación del maíz (Bermeo, 2022), cifra también referida por Norma de la California Compost Quality Council CCQC-001. El testigo (Tratamiento 5) donde no tuvo compost, solamente sirvió

de control para esta prueba tuvo 60% de índice de germinación. Asimismo, la estadística señala que hay significancia; por tanto, se concluye que ciertos tratamientos aportan de manera distinta al índice de germinación. Aplicando la prueba de Tukey, los tratamientos T1, T2 y T3 provocan el mismo efecto en el porcentaje de germinación en un intervalo de confianza al 95%; dejando al T4 y T5 (testigo) como los tratamientos que muestran diferencias con los anteriores tratamientos.

VI. CONCLUSIONES

- ❖ Los residuos orgánicos permiten la síntesis de las sustancias húmicas desde la pila de compostación 1 hasta la 4 en el mismo orden: (%) 3.44 ± 0.5 ; 3.30 ± 0.5 ; 3.56 ± 0.5 ; 2.54 ± 0.5 , seguido de los ácidos fúlvicos: 1.31 ± 0.3 ; 1.46 ± 0.3 ; 1.28 ± 0.3 ; 0.83 ± 0.3 no habiendo diferencias significativas estadísticamente entre las pilas de compostación.
- ❖ La metodología propuesta de compostación, con arreglo intercalado vertical de residuos de rastrojos de residuos agrícolas y de la industria alimentaria, agregando microorganismos de montaña activados; produjo un compost maduro y estable.
- ❖ El uso de microrganismos activados de tierra de montaña, produjo un compost con características significantes: compost maduro mayor al 50% de materia orgánica, conductividad eléctrica mayor al 12.56 dS/m, capacidad de intercambio de cationes mayor a 9.60 meq/100g y genera un índice de germinación en la semilla del maíz de 90%.
- ❖ Se obtuvo compost de calidad coincidiendo ciertos parámetros con las normativas revisadas (Norma NCh2880 - 2004 y NADF – 020 – AMBT – 2011). La calidad de las sustancias húmicas se vinculó con los grupos orgánicos funcionales formados y encontrados (grupos hidroxilos, grupos carbonilos, enlaces tipo éster y presumiblemente aldehídos) determinando su uso como un buen fertilizante, según la ISO 19822:2018.
- ❖ La compostación y humificación redujo los volúmenes de residuos sólidos orgánicos proveniente de la actividad agrícola y de la agroindustria alimentaria, cercanos al 50%, generando impactos positivos en el medio ambiente.

VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Elaborar compost con las mismas o diferentes materias primas siguiendo la misma metodología, pero utilizando inóculos de bacterias y hongos seleccionados (microorganismos eficientes) promotores de la descomposición rápida que conlleve a una maduración estable y a una síntesis de sustancias húmicas durante la humificación.
- ❖ Dar otros usos al compost obtenido mezclándolo con otros componentes (turba, paja, rastrojo o lignito) para el diseño de biofiltros en el uso en aguas residuales; así como darle otros usos de aprovechamiento al residuo orgánico agrícola, que puede ser una fuente de energía y biocombustible produciendo biogás y bioetanol.
- ❖ Obtener otras sustancias funcionales a partir del compost humificado, biomoléculas como aminoácidos, péptidos y polipéptidos, enzimas, ácidos nucleicos, polisacáridos diversos o el ácido fólico, que tienen acciones bioestimulantes y nutricionales en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

VIII. REFERENCIAS

- Alarcón-Zayas, A., Barreiro-Elorza, P., Boicet-Fabré, T., Ramos-Escalona, M., & Morales-León, J. Á. (2018). Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 243-255. <https://www.redalyc.org/journal/4435/443557939006/movil/>
- Alanis; Claudia, -Álvarez; Gustavo- Ávila; Liliana. (2022). Modelo institucional con perspectiva de ciclo de vida para el tratamiento de residuos orgánicos. Revista COPALA Año 7, Núm. 14 / 01 enero - 30 junio. 1-19. <https://doi.org/10.35600/25008870.2022.14.0210>
- Ansorena Miner, J. (2016). *El compost de biorresiduos. Normativa, calidad y aplicaciones.* Ediciones Mundi-Prensa. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ni-IDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=compost+de+biorresiduos+\(javier+ansorena+2016&ots=hVbT0R9EJR&sig=ZcVRJV0XDnRQHeSw7iiU1pAHy3Y#v=onepage&q=compost%20de%20biorresiduos%20\(javier%20ansorena%202016&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ni-IDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=compost+de+biorresiduos+(javier+ansorena+2016&ots=hVbT0R9EJR&sig=ZcVRJV0XDnRQHeSw7iiU1pAHy3Y#v=onepage&q=compost%20de%20biorresiduos%20(javier%20ansorena%202016&f=false)
- Atoche Cornejo, J. P. (2023). Aprovechamiento de los subproductos del proceso de la caña de azúcar para obtener compost de la empresa Caña Brava. [Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional- Universidad Nacional de Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/4370/CSAMBI-ATO-COR-2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arriaga-Trejo, A. L., Contreras-López, E., González-Olivares, L. G., Castañeda-Ovando, A., & Nieto-Velázquez, S. (2023). Evaluación espectroscópica del proceso de coagulación de los ácidos húmicos en presencia de Fe3+. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e*

Ingenierías del *ICBI, 11*(Especial), 111-115.

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/download/10230/10120>

Armas, C., Usero, F. M., & Morillo, J. A. (2021). Consecuencias de la deposición atmosférica de nitrógeno y fósforo en las comunidades vegetales y microbiota del suelo en ecosistemas de alta montaña. Investigación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Agencia del gobierno español. 259-277.

https://www.miteco.gob.es/images/es/11consecuenciasdenitrogenoyfosforoenaltamontana_tcm30-552691.pdf

Bailón Rojas Marlon Ricardo (2021) Caracterización fisicoquímica y calidad de compost producidos en Rupa-Rupa, Leoncio Prado-Huánuco 2019-2020. [Tesis para optar el grado de magister en gestión ambiental en la UNAS]. Repositorio institucional- Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/2067>

Balbín, D. (2019). “Materia orgánica, semillas viables de malezas, granulometría, densidad, aparente, fitotoxicidad y materiales inertes, en compost estabilizado, en Independencia-Huaraz, 2017-2018”. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental]. Repositorio institucional- Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe>

Banco Mundial (2018). Informe titled: What a waste 2.0 A Global Snapshot of solid waste management to 2050. Comunicado de Prensa N ° 2018/037/SURR. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

Barrena; Raquel, (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. [Tesis para obtener el grado de Doctora en la Universidad Autónoma de Barcelona].

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

Barrera, A., & Hurtado, D. (2020). Factibilidad Económica, social y ambiental de las instituciones educativas públicas sobre las técnicas de compostaje en la localidad de Kennedy [Trabajo para optar al Título de Especialista en Gestión Empresarial] Repositorio institucional-Universidad Agustiniana.<http://repositorio.uniagustiniana.edu.co//handle/123456789/1327>

Bazán, J. L. J., & Vílchez, A. M. C. (2023). “Análisis morfológico y molecular de Acanthamoeba y otras amebas de vida libre en suelo adosado a Solanum tuberosum (papa) vendido por agricultores en un mercado de Lima Norte - Perú [Tesis para obtener la Licenciatura en Tecnología Médica]. Repositorio institucional- Universidad Peruana Cayetano Heredia https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/13195/Analisis_JaraBazan_Jorge.pdf?sequence=1

Beltrán-Pineda, M. E., & Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/26866/document.pdf?sequence=1>

Bermeo Panjon, R. P. (2022). Calidad de compost de residuos agropecuarios con inoculación de microorganismos benéficos, en la parroquia Sevilla Don Bosco y su efecto en la germinación de maíz. [Trabajo de Titulación previa a la obtención del Título de Ingeniero

Ambiental]. Repositorio institucional- Universidad Católica de Cuenca.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11081>

Blanco Villacorta, Medardo Wilfredo. (2023). El vermicompostaje una alternativa para potenciar la agricultura urbana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1), 90-103. Epub 00 de abril de 2023.<https://doi.org/10.53287/siha3115kw72x>

Camacho, E. (2018). Heurística del compost Altoandino, hallazgos científicos y su contribución al paradigma suelo vivo. *Apthapi* 4(2). Vol. 4 Num.2.pp 1212-1226. <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/251>

Camacho Céspedes, Fabricio, Uribe Lorío, Lidieth, Newcomer, Quint Masters, Karen y Kinyua Maureen. (2018). Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). Cuadernos de Investigación UNED, 10(2) 330-341. <https://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.2163>

Canales, M. Paucar, W. Juipa, N. (2020) Método de investigación para ingenierías basado en la metodología de la investigación científica. *Rev. IA Investigación y Amazonia*. Vol. 7, Núm. 4 pp 5-9. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/172>

Cardoso, T. S., da Silva Lima, L., Bandeira, M. D. S. F., Leite, A. B., & de Ferreira Bandeira, M. L. S. (2023). Ácidos húmicos e fúlvicos em perfil sedimentar aquático e sua interação com metais tóxicos: Uma revisão da literatura. *Peer Review*, 5. <http://peerw.org/index.php/journals/article/view/797>

Carlos, C. A. J. (2023). *Evaluación de tres sustratos para mejorar el proceso de germinación en arazá (*eugenia stipitata*) bajo condiciones de vivero* (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).

Castillo-Trejo, E. Y., Flota-Bañuelos, C., Alcudia-Pérez, J., Fraire-Cordero, S., Rosales-Martínez, V., & Quej-Chí, V. H. (2023). Macrofauna edáfica y calidad del suelo en agroecosistemas agrícolas y pecuarios de Campeche. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(3), 413-424.

[http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35493/Plegable%20Bo
yaca%CC%81%20Bio.pdf?sequence=1](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35493/Plegable%20Bo yaca%CC%81%20Bio.pdf?sequence=1)

Capasso, S.; Chianese, S.; Musmarra, D.; lovino, P. (2020). Macromolecular estructure of a comercial humic acid samle. Envir.; 7 (4): 32.

<https://doi.org/10.3390/environments7040032>

Cedeño, Á. M. G., Pazmiño, D. E. Z., Álava, M. A. C., & Vera, B. R. V. (2020). Inóculo microbiano con capacidad celulítica para la producción de compost en Manabí-Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 13(2), 39-45.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7895142.pdf>

Cohen Morales, Jorge Alberto (2019), Estrategias de abonamiento en el cultivo orgánico de tomate miniatura (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en la Molina. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo]. Repositorio Institucional-Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3883/cohen-morales-jorge-alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Contreras-Cauich, M. F., López-Tolentino, G., Rojas-Serrano, F., Muñoz-Osorio, G. A., Marín-Collí, E. E., Castillo-López, E., & Jiménez-Chi, J. A. (2022). Eficacia de la fertilización orgánica en el desarrollo del pepino (*Cucumis sativus*) en campo abierto. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*.

https://www.researchgate.net/profile/Germani-Munoz-Osorio/publication/360370706_Eficacia_de_la_fertilizacion_organica_en_el_desarrollo_del_pepino_Cucumis_sativus_en_campo_abierto/links/6272a2193a23744a72631ba8/Eficacia-de-la-fertilizacion-organica-en-el-desarrollo-del-pepino-Cucumis-sativus-en-campo-abierto.pdf

Corozo, J. P. M., & Vergara, K. L. (2023). Diseño de biofiltro para eliminación de contaminantes de aguas residuales de la comunidad Ballagán, Ecuador: Design of a filter for the elimination of pollutants from wastewater in the Ballagan community, Ecuador. *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 10(2), 92-106.

<https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/download/801/516>

Cortez, P. M. M. (2020). Análisis de los espectros de infrarrojo. *Principios y aplicaciones de la espectroscopia de infrarrojo en el análisis de alimentos y bebidas*, 66-82. Guadalajara: CIATEJ <https://ciatej.repositoryinstitucional.mx/jspui/handle/1023/743>

DECRETO SUPREMO N°016-12-AG. Reglamento de Manejo de los residuos orgánicos del sector agrícola. MINAGRI (14 de noviembre de 2012)

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-de-manejo-de-los-residuos-solidos-del-se-decreto-supremo-n-016-2012-ag-866098-1/>

DECRETO LEY 1278. Ley de gestión integral de residuos sólidos MINAM (23 de Diciembre 2016).<https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos#:~:text=El%20presente%20Decreto%20Legislativo%20establece,la%20gesti%C3%B3n%20y%20manejo%20de>

DECRETO LEY 014-2017. Reglamento de la Ley de gestión integral de residuos sólidos. MINAM (21 de diciembre 2017) <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-decreto-legislativo-ndeg-1278-decreto-legislativo-que-aprueba#:~:text=El%20presente%20dispositivo%20normativo%20tiene,comprende%20la%20minimizaci%C3%B3n%20de%20la>

De Compostaje, R. E. (2015). *Residuos orgánicos y agricultura intensiva III. 1* (Vol. 1). Ediciones Mundi-Prensa.

Delphis.com (2020). Acido húmico. Química. Recuperado de <https://delphipages.live/ciencias/ciencias-de-la-tierra-tiempo-geologico-y-fosiles/ciencias-de-la-tierra/humic-acid>

Delgado Caizaguano, S. A. (2023). Caracterización de microorganismos para uso agroindustrial aislados de un bosque primario en el cantón Cumandá. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/19454/1/27T00674.pdf>

Díaz, J. L. C., Rojas, A. S., Chávarry, P. M., Collantes, A. C., Eras, M. Y. V., & Iglesias, O. A. S. (2022). Caracterización fisicoquímica de compost producido con residuos orgánicos obtenidos del mercado mayorista de Chota, Cajamarca, Perú. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 5(2), 126-138. <https://rcnorandina.unach.edu.pe/index.php/ciencianorandina/article/download/95/192>

Díaz Bautista, A. D., & Ordoñez Potosí, M. A. (2023). *Microorganismos de montaña como biotecnología para la remoción de cargas contaminantes en aguas residuales domésticas e industriales* (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria). <https://repositorio.uniautonoma.edu.co/bitstream/handle/123456789/785/T%20IA-M%20126%202023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Domínguez Mocarro, C. Y. (2023). Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos municipales para la obtención de humus en el distrito de Reque. http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5888/1/TL_DominguezMocarroCarmen.pdf

Dores- Silva, PR, Landgraf, MD & Rezende, MOO. (2018) Proceso de humificación en diferentes tipos de residuos orgánicos mediante compostaje y vermicompostaje: ¿los microbiorreactores realmente han acelerado el proceso? Environ Sci Pollut Res 25, 1749017498. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1908-3>

Chang Hoon Lee, C. Hoon Lee, Seong Jin Park, Hyun Young Hwang, H. Young Hwang, Myung Sook Kim, M. Sook Kim, Ha il Jung, H. il Jung, Deogratius Luyima, D. Luyima, Suk Young Hong, S. Young Hong Taek Keun Oh, T. Keun Oh y Seong Heon Kim, S. Heon Kim. (2019). Efectos del abono de desperdicios de alimentos en el cambio de la comunidad microbiana en la condición del suelo saturado e insaturado de agua. Química biológica aplicada, 62, 36. <https://doi.org/10.1186/s13765-019-0445-1>

Chaves Figueroa, M.A. (2020). Alternativa de generación de ingresos partir de la economía ecológica. Visión Empresarial (10), 150-167. <https://doi.org/10.32645/13906852.1018>

Fascella, G.; Montoneri, E.; Rouphael, Y. (2021). Sustancias húmicas derivadas de residuos biológicos mejoran el crecimiento y la calidad de las plantas de jazmín naranja (*Murraya paniculata* L. Jacq.) En cultivo en macetas sin suelo. *Recursos* 2021, 10, 80.
<https://doi.org/10.3390/resources10080080>

Filiciotto, L. (2019). Perspectivas estructurales y valorización de las huminas un enfoque catalítico. [Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en química de la Universidad de Córdoba España] Repositorio institucional-Universidad de Córdoba.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=249976>

Frank, T., Brauckmann, H. J., & Broll, G. (2023). Humus Forms of Moist and Wet Forest Stands. A Review. *International Journal of Plant Biology*, 14(3), 780-796.
[https://www.mdpi.com/2037-0164/14/3/58.](https://www.mdpi.com/2037-0164/14/3/58)

Gamboa, M. I., Radman, N. E., & Mastrantonio Pedrina, F. L. (2023). Reino Protista.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/149163/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

García, A. C; Castro, T.A.V.T.; Berbara, R.L.L.; Tavares, O.C.H.; Elías, S.S.; Amaral Sobrinho, N.M.B.; Pereira,M.G.; Zonta E. (2019). Revisión sobre la relación estructura-función de las sustancias húmicas y su regulación del metabolismo oxidativo de las plantas. *Rev. Virtual Quim.*, 11 (3), 754-770. <http://rvq.sbj.org.br>

Gonzales Orihuela, Y. Z., & Vican Taipe, Z. J. (2023). Efecto de los microorganismos de montaña (MM) en el crecimiento de la granadilla (*Passiflora ligularis* L.) var. Colombiana en condiciones de vivero para Chanchamayo.
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3316/1/T026_71882210_T.pdf

Guerrero Caro, Roxana Beatriz (2021). Determinación de la relación C/N óptima para la obtención de un compost de buena calidad de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Independencia- Huaraz-Ancash 2017-2019 [Tesis para obtener el título de ingeniera ambiental]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4842>

Gutiérrez Onofrio, E. (2022). Influencia de cuatro abonos foliares en el crecimiento de plántulas de cafeto (*Coffea arábica L.*) a nivel de vivero en Santa Ana-La Convención. http://200.48.82.27/bitstream/handle/20.500.12918/6998/253T20220439_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGraw-hill. <https://www.academia.edu/download/64591365/Metodolog%C3%ADA%20de%20la%20investigaci%C3%B3n.%20Rutas%20cuantitativa,%20cualitativa%20y%20mixta.pdf>

Hita-Mejía. D. 2020. “Efectos de los ácidos húmicos sedimentarios en los microbiomas endófitos: implicaciones y potencial agronómico. García-Mina, J.M. y Fuentes, M. [Tesis doctoral]. Universidad de Navarra, Pamplona. <https://hdl.handle.net/10171/60661>

Huilahuaña Santos, J. W. (2023). Efecto del compost elaborado a partir de residuos de áreas verdes con y sin adición de microorganismos benéficos para el mejoramiento del suelo de La Yarada Los Palos, Tacna. http://redi.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4952/2301_2023_huilahuana_santos_fc_ag_Ingenieria_ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huculak-Mączka, M., Hoffmann, J., & Hoffmann, K. (2018). Evaluation of the possibilities of using humic acids obtained from lignite in the production of commercial

fertilizers. *Journal of Soils and Sediments*, 18(8), 2868–2880.

<https://doi.org/10.1007/s11368-017-1907-x>

Huerta Quinchoker, Camila Marsell; Treviño Huerta, Estefany Lisset (2021). Determinación de la calidad del compostaje producido por ventilación forzada y por pilas (cielo abierto) a partir de los residuos orgánicos del comedor universitario de la Universidad Peruana Unión [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental]. Repositorio institucional- Universidad Peruana Unión. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/4525>

INEI (2022). “Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022”. Registro Nacional de Municipalidades (RENAMU)”. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf

Imbernó Díaz, A. L., & Souto Anido, L. (2023). Innovación y economía circular, un binomio perfecto. *Economía y Desarrollo*, 167(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0252-85842023000200007&script=sci_arttext&tlang=pt

Kałuza-Hałdyn, A., Jamroz, E., & Bekier, J. (2019). Humic substances of differently matured composts produced from municipal solid wastes and biomass of energetic plants. *Soil Science Annual*, 70(4), 292–297. <https://doi.org/10.2478/ssa-2019-0026>

Kloster, N. S., Puccia, V., Fernández, R., & Avena, M. (2022). Interacción entre Ácidos Húmicos, Cationes y Minerales para explicar variaciones de Materia Orgánica del Suelo. 6º Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie, Bariloche, 24 al 26 de febrero de 2022 <http://hdl.handle.net/20.500.12123/12498>

Lawrence Mayhew, Amit Pratap Singh, Peng Li, E Michael Perdue (2023). Differentiation Between Humic and Non-Humic Substances Using Alkaline Extraction and Ultraviolet Spectroscopy, *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, qsad001, <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsad001>

Leyva Collas, M. V., & Castillo Valdiviezo, A. (2022). Biodisponibilidad de metales pesados en presencia de ácidos húmicos y fúlvicos en relación al pH del sedimento del humedal altoandino Collotacocha. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 18(3), 79-85. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/4812>

López, L, Quiroz Ramírez, J.J.3, Guerra-Sánchez, R.J.1, Suárez-Toriello V.A.3* (2020). Obtención de sustancias húmicas a partir de un residuo industrial carbonoso. / Volumen 2, Número 1 – 2020. https://aldeser.org/uploads/1/3/0/8/130818527/rb_s_vol2_no1_art9.pdf

López, M. D. L. A. R. (2023). Espectrofotometría uv-visible. <https://ri.ng.uaq.mx/handle/123456789/8789>

Mansi Rastogi, Meenakshi Nandal, Babita khosla (2020), “Microbes as vital additives for solid waste composting”. Volumen 6 issue E03343, febrero 01,2020. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(20\)30188-2.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(20)30188-2.pdf)

Márquez Velásquez, T. A. (2023). Aprovechamiento De Residuos Orgánicos Por Medio De Un Sistema De Compostaje Autónomo: Análisis y desarrollo del compostaje en dinámicas laborales.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/35508/1/MarquezTatiana_2023_AprovechamientoResiduosOrganicos.pdf

Martin-Neto, L., Tadini, A. M., Bento, L. R., dos Santos, J. V., & Milori, D. M. P. (2023)

Estructura e natureza química da matéria orgânica do solo.

https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Bento-6/publication/370072811_Estrutura_e_natureza_quimica_da_materia_organica_do_solo/links/643e538c2eca706c8b684766/Estrutura-e-natureza-quimica-da-materia-organica-do-solo.pdf

https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Bento-6/publication/370072811_Estrutura_e_natureza_quimica_da_materia_organica_do_solo/links/643e538c2eca706c8b684766/Estrutura-e-natureza-quimica-da-materia-organica-do-solo.pdf

Martínez Falero, J., & Henares Moreno, C. (2023). Caracterización de Microorganismos Eficientes

Nativos para su potencial uso en procesos de compostaje y biorremediación.

<https://dspace.ort.edu.uy/bitstream/handle/20.500.11968/6417/Material%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Méndez-Martínez, Z.Y.1, Cervantes-Arista, J.I.1, López-Núñez, M.F.2, Villafaña- -López, L.1,

Quiroz Ramírez, J.J.3, Guerra-Sánchez, R.J.1, Suárez-Toriello V.A.3 (2020). Obtención de sustancias húmicas a partir de un residuo industrial carbonoso. Congreso Internacional de desarrollo sustentable y energías renovables. (Asociación Latinoamericana de desarrollo sustentable energías renovables) ALDESER.

https://cidser.org/uploads/1/3/0/8/130818527/proceedings_cidser_2020_final.pdf

Medina-Herrera, Miriam del Rocío; Negrete-Rodríguez1, Francisco Paul; Gámez-Vázquez,

Dioselina; Álvarez-Bernal y Eloy Conde-Barajas (2020). La aplicación de lodos residuales afecta, a corto plazo, la biomasa microbiana y su actividad en suelos sódicos. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2020, vol.36, n.3, pp.577-591. Epub 04-Mayo-2021. ISSN 0188-4999. <https://doi.org/10.20937/rica.53425>.

Meza Cascante, L. G. (2015). El paradigma positivista y la concepción dialéctica del conocimiento. *Revista Digital: Matemática, Educación E Internet*, 4(2).

<https://doi.org/10.18845/rdmei.v4i2.2296>

Mghaiouini, R., Benzibiria, N., Monkade, M. et al. (2022). Formulation of New Biostimulant of Plant and Soil Correction Based on Humic Acids Extracted by Magnetized Water from Compost from the Waste of Coffee Marc and Cattle Manure. *Waste Biomass Valor* 13, 453–465 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01535-6>

MINAM. (2022). Coordinación de información sobre gestión de residuos sólidos. <https://sites.google.com/minam.gob.pe/dggrs/coordinaciones/seguimiento-e-informaci%C3%B3n-sobre-gesti%C3%B3n-de-rrss>.

Millán, Fernando, Prato, José Gregorio, La Cruz, Yésica, & Sánchez, Adriana. (2018). Estudio metodológico sobre la medición de pH y conductividad eléctrica en muestras de compost. *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 21-27. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n2.67338>.

Moisés, Juliana; Martínez, Juan Manuel; Duval, Matías Ezequiel, & Galantini, Juan Alberto. (2022). Caracterización química y espectrometría de residuos agroindustriales para su potencial uso como enmiendas orgánicas. *Ciencia del suelo*, 40(2), 227-236. Epub 21 de abril de 2023. Recuperado en 29 de julio de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672022000200227&lng=es&tlang=es.

Montes, L; Paredes; S, Díaz; C (2021). Innovaciones energéticas y soluciones medioambientales, (1 ed.): Iberoamericana de academias de investigación. Veracruz, México. <http://redibai-myd.org/portal/wp-content/uploads/2021/10/d2-reducido.pdf>

Moreno-Escandón, L., Perea-Soto, D., Soto-Paz, J., Torres-Lozada, P., & Marmolejo-Rebellón, L. F. (2022). Improvement of Biowaste Composting by Addition of Sugarcane Filter Cake as an Amendment Material: Mejora del compostaje de biorresiduos mediante la incorporación de cachaza como material de enmienda. *Revista Ingeniería y Universidad*, 26, 1+. <https://link.gale.com/apps/doc/A694379206/IFME?u=anon~75c85f96&sid=googleScholar&xid=f674cdcb>

Murbach, T. S., Glávits, R., Endres, J. R., Clewell, A. E., Hirka, G., Vértesi, A., Pasics Szakonyiné, I. (2020). A toxicological evaluation of a fulvic and humic acids preparation. *Toxicology Reports*, 7, 1242–1254. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.030>

Navarro García, G. (2023). *Fertilizantes. Química y acción*. Ediciones Mundi-Prensa. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1yjFEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=\(Navarro,+2023\)+&ots=c6W65uSPI0&sig=P_R_N_WRvw5zPor46q2ZToRRxC4#v=one_page&q=\(Navarro%2C%202023\)&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1yjFEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=(Navarro,+2023)+&ots=c6W65uSPI0&sig=P_R_N_WRvw5zPor46q2ZToRRxC4#v=one_page&q=(Navarro%2C%202023)&f=false)

NCAT (Programa del Centro Nacional de Tecnología Apropriada) (2015). Hoja de Datos: Compost. Proyecto ATTRA Sustainable Agriculture attra.ncat.org/español/index.html. <https://www.ams.usda.gov › FINAL Compost>

NCh. 2880.Of2004 CONAMA. 2004.Norma de calidad del compost, clasificación y requisitos (en línea). Instituto Nacional de Normalización. INN CHILE. Tomado de https://miros.cl › NCh_2880_Compost_Clasicación

NORMA ISO 19822:2018. Fertilizers and soil conditioners- Determination of humic and hydrophobic fulvic acids concentrations in fertilizer materials”.

https://www.researchgate.net/profile/Lawrence-Mayhew-4/publication/345984176_ISO_19822_partial/links/5ff084a292851c13fedff4b0/ISO-19822-partial.pdf

NORMA TÉCNICA PERUANA 201.208:2021. FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos INACAL (2022) 1° Edición.

<https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/616950-inacal-aprobo-norma-tecnica-sobre-los-requisitos-del-comp>

Núñez, W. E., Sotomayor, D. A., Ballardo, C. V., & Herrera, E. (2023). Potencial de la biomasa fúngica: producción y mecanismos de biorremediación de metales pesados del compost de residuos sólidos orgánicos municipales. *Scientia Agropecuaria*, 14(1), 79-91. Epub 27 de febrero de 2023.<https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.008>

Otto, E. (2018) Fraccionamiento densimétrico y químico de la materia orgánica asociado al cadmio en el suelo aluvial y residual cacaotero. [Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: gestión de suelos y agua]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1340>

Oviedo-Ocaña E. Dominguez, I, Komilis, D & Sanchez,A (2019) Co composting of green waste mixed with unprocessed and processed food waste: Influence on the composting process and product quality. *Waste and Biomass Valorization*, 10(1), 63-74. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-017-0047-2.10>

Peralta Rojas, N. (2023). *Aplicación de microorganismos eficaces para mejorar el proceso de compostaje para uso en agricultura Bagua Grande, Amazonas 2022* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Amazónica).

[https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/199/TESIS PERALTA%20ROJAS NILSON.pdf?sequence=1](https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/199/TESIS_PERALTA%20ROJAS NILSON.pdf?sequence=1)

Pérez-Barcena, J. F., Cruz-Castillo, J. G., Jesús-Sánchez, A. D., Jiménez-Aparicio, A. R., & Evangelista-Lozano, S. (2021). Condiciones de germinación y desarrollo de plantas de Pouteria campechiana (Sapotaceae). *Botanical Sciences*, 99(2), 377-387.https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982021000200377

Pérez Mendoza, G. E. (2023). Calidad y grupos funcionales microbianos del compost de residuos agropecuarios por efecto de dos biofermentos (montaña y bambusal).
https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2410/TS_GEPM_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ringuelet, A., & Koristchoner, J. (2023). Quality evaluation of a household compost and its effect on lettuce (*Lactuca sativa* L.) multiplication and initial growth. *Horticultura Argentina*, 42(107).<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=03273431&AN=163033719&h=zkwFwTXX02AKHP9xTSI86G0UTRv9ssA%2BrbIbht8qz1WGfez0xgeY5zYICX2wREPQh58EjdLlfgMsggFp59TsZg%3D%3D&crl=f>

Ríos Velásquez, E. A. (2023). Caracterización de compost de residuos sólidos orgánicos urbanos de seis distritos de la provincia Leoncio Prado, Perú. *Revista UDCA Actualidad &*

Divulgación Científica, 26(1), 1-12.
[https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/5325/document%20\(7\).pdf?sequence=1](https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/5325/document%20(7).pdf?sequence=1)

Rodríguez, K. S. (2023). *Evaluación de biopolímeros utilizados para empaque de alimentos empleados en condiciones de compostaje casero* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA). <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2023/07/TFG-KevinSegura.pdf>

Rodríguez, M. & Evangelista, G. (2018). Modelling of the mineralization of the poultry manure under the effect of Alphitobius diaperinus “manure beetle” [Modelado de la mineralización de la gallinaza de jaula bajo el efecto de Alphitobius diaperinus “escarabajo del estiércol”]. Agroindustrial Science, 8(2), 147-152. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2018.02.10>

Sacomori, W., Cassol, P. C., Mafra, M. S., Erdemann, L. F., & Almeida, J. A. D. (2021). Accumulation of humic substances in an Oxisol fertilized with pig slurry for 15 years. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 109-115. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/WYRQF6MmQgnhZTf5vjLfTCn/?lang=en>

Santos Mundaca, H. S. (2019). Caracterización de Compost de Residuos del Cultivo de Musa Paradisiaca, Usando Estiércol, Aserrín y Microorganismos Eficientes en el Distrito de Yuyapichis, Provincia de Puerto Inca–Huánuco 2019. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/140/1/Santos_MHS.pdf

Shao Y, Bao M, Huo W, Ye R, Liu Y, Lu W. (2022). “Production of artificial humic acid from biomass residues by a non-catalytic hydrothermal process” Journal of Cleaner Production. Article. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130302>

Solarte Ordóñez, M., & Pérez, E. H. (2020). Determinación de cobre unido a la fracción de ácidos fúlvicos de un suelo andisol del cauca mediante voltamperometría. *Suelos Ecuatoriales*, 50(1y2), 26-30. [https://doi.org/10.47864/SE\(50\)2020p26-30_115](https://doi.org/10.47864/SE(50)2020p26-30_115)

Soto, D. F. M. (2023). Caracterización del proceso de compostaje en la planta de Jiutepec, Morelos. <http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3237/MOSDTN03T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Soto Herranz, M., Antolín Rodríguez, J. M., Conde Cid, D., & Sánchez Báscones, M. (2019). *Estudio de un proceso de compostaje de estiércol de conejo mediante técnicas espectroscópicas y análisis de ácidos húmicos y fúlvicos* (No. COMPON-2019-agri-3430). <https://zaguan.unizar.es/record/84472/files/3430.pdf>

Sui, W.; Li, S.; Zhou, X.; Dou, Z; Liu, R.; Wu, T.; Jia, H.; Wang, G.; Zhang, M. (2021). Potential Hydrothermal-Humification of Vegetable Wastes by Steam Explosion and Structural Characteristics of Humified Fractions. *Molecules X*, 26, 3841. <https://doi.org/10.3390/molecules26133841>

Testa, M.L.; Tummino, M.L. (2021) Lignocellulose Biomass as a Multifunctional Tool for Sustainable Catalysis and Chemicals: An Overview. *Catalysts* 2021, 11, 125. <https://doi.org/10.3390/catal11010125>

Tsukanka Sharup, N. F. (2023). Compostaje de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de microorganismos benéficos, en la finca Doña Luisa cantón Gualaquiza.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/13886/1/TSUKANKA%20SHARUP%20NANCY%20FABIOLA.pdf>

Valdivia-Espinoza, A., & Guardia-Muguruza, X. (2023). Valorización energética de residuos orgánicos: el vínculo entre la política energética y la gestión integral de residuos sólidos. *South Sustainability*, 4(1), e0
[https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/1439/111574-e074.](https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/1439/111574-e074)

Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-37092019000200123&script=sci_arttext

Vargas Vera, J. C. (2019). Germinación y crecimiento de plántulas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) variedad amarilla, utilizando el compost, humus de lombriz y arena de río Vilcabamba–Grau.
http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/831/T_0521.pdf?sequence=1

Vásquez Osorio, Mayerlis, Colpas Castillo, Fredy, & Tarón Dunoyer, Arnulfo. (2019). Influencia del tamaño de partícula en la extracción de ácidos húmicos de carbón bituminoso. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22 (1), e1209. Epub 16 de mayo de 2019. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1209>

Velasco Salas, A. I. (2021). Inoculación de compost con microorganismos solubilizadores de fosfato y su efecto sobre la disponibilidad del fósforo. Recuperado de http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13510/VELASCO%20SALAS,%20ANA_HIS%20ISABEL.pdf?sequence=1

Vera Rojas, S. P. (2018). Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1475/MIN-VER-ROJ-2019.pdf?sequence=1&isAllow>

Wei, Z., Zhao, Y., Zhao, L., Wang, L., & Wu, J. (2023). The contribution of microbial shikimic acid to humus formation during organic wastes composting: a review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39(9), 240. https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2023&q=humus&hl=es&as_sdt=0,5#:~:text=Z%20Wei%2C%20Y%20Zhao%2C%20L%20Zhao%2C%20L%20Wang%2C%20J%20Wu%C2%A0%2D%20World%20Journal%20of%20Microbiology%20and%C2%A0%E2%80%A6%2C%202023%20%2D%20Springer

Yang,F y Antonietti, M. (2020). Ácidos húmicos artificiales: materiales sostenibles frente al cambio climático. *Ciencia avanzada*. John Wiley and sons Inc. <https://doi.org/10.1002/advs.201902992>.

Zingaretti, D., Lombardi, F., & Baciocchi, R. (2018). Soluble organic substances extracted from compost as amendments for Fenton-like oxidation of contaminated sites. *Science of the Total Environment*, 619, 1366-1374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.178>

Zhang, Z., Duan, C., Liu, Y., Li, A., Hu, X., Chen, J., ... & Cui, X. (2023). Green waste and sewage sludge feeding ratio alters co-composting performance: Emphasis on the role of bacterial community during humification. *Bioresource Technology*, 380, 129014.

[https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129014.](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129014)

IX ANEXOS

Anexo A

Matriz de consistencia de la síntesis y extracción de sustancias húmicas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Peru-2022

Problema	Objetivos	Hipótesis	Identificación de Variables	Metodología
Problema general ¿Cómo identificar la síntesis y extracción de sustancias húmicas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Perú-2022?	Objetivo General Evaluar la síntesis y extracción de las sustancias húmicas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Perú 2022	Hipótesis General La síntesis y extracción de sustancias húmicas serán altamente significativas a partir de residuos orgánicos compostados provenientes de la industria alimentaria Lima-Peru-2022	Variable Dependiente: Compost Sustancias húmicas	Diseño: experimental Tipo investigación: Aplicada Enfoque: cualitativo-quantitativo (mixta)
				Nivel: Correlacional

Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable	Población:
<p>-¿De qué manera una propuesta metodológica, utilizando un diseño de paquetes diferentes de compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria, permiten la síntesis de sustancias húmicas?</p> <p>¿En qué medida el uso de microorganismos activados de tierra de montaña activados mediante fermentación anaeróbica, mejora la eficiencia de la compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria,</p>	<p>-Proponer una metodología de síntesis de las sustancias húmicas, utilizando paquetes diferentes de compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.</p> <p>Utilizar microorganismos de tierra de montaña, activados mediante fermentación anaeróbica, para mejorar la eficiencia de la compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.</p>	<p>-La propuesta metodológica que consiste en el diseño de paquetes compostables y humificables, permiten la síntesis de las sustancias húmicas a partir de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.</p> <p>El uso de microrganismos de tierra de montaña, activados mediante fermentación anaeróbica, mejora la eficiencia de la compostación y humificación de los</p>	<p>Independiente:</p> <p>Tierra de montaña conteniendo microorganismos activados.</p>	<p>Residuos de las plantas procesadoras de la industria alimentaria de Barranca. Además, rastrojos de los campos de cultivo de los productos agroexportables y de consumo nacional</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra es no probabilística por conveniencia</p>

permiten la síntesis de sustancias húmicas?

¿Las sustancias húmicas de calidad, en qué medida provienen de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de los residuos de la industria alimentaria, previamente compostados y humificados?

¿En qué medida la compostación y humificación redujeron los volúmenes de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de las plantas agro-procesadoras de la industria alimentaria?

Determinar las sustancias húmicas de calidad sintetizados a partir de la

compostación y humificación de los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.

Reducir los residuos sólidos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de las plantas agro-procesadoras de la industria alimentaria, mediante la compostación y humificación.

residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria.

Las sustancias húmicas de calidad, son producidas por los residuos orgánicos de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria, previamente compostados y humificados.

Los residuos orgánicos provenientes de los rastrojos agrícolas y de la industria alimentaria son reducidos mediante la compostación y humificación.

Anexo B

Formato o ficha de recojo de información de campo

Anexo C

Formato o ficha de recojo de información de campo y analizados en laboratorio

Anexo D

Prueba estadística paramétrica ANOVA

1. Prueba estadística paramétrica ANOVA para el análisis de la obtención del ácido húmico

PRUEBA DE NORMALIDAD

Pruebas de normalidad

Estadístico	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk			
	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Tratamientos	,166	12	,200*	,876	12	,078
Valores	,099	12	,200*	,974	12	,951

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los datos se distribuyen de manera normal. Sig.= 0.200 > 0.05

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Pruebas de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de		gl1	gl2	Sig.
		Levene				
Valores	Se basa en la media		,000	3	8	1,000
	Se basa en la mediana		,000	3	8	1,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado		,000	3	8,000	1,000
	Se basa en la media recortada		,000	3	8	1,000

PRUEBA ANOVA

ANOVA

Valores

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos		1,897	3	,632	2,530	,131
Dentro de grupos		2,000	8	,250		
Total		3,897	11			

La prueba de ANOVA indica que no hay evidencia suficiente para indicar que los tratamientos tienen rendimientos diferentes; $F= 2,530$ y $\text{Sig.}= 0.131 > 0.05$

2. Prueba estadística paramétrica ANOVA para el análisis de la obtención del ácido fúlvico

PRUEBA DE NORMALIDAD

Pruebas de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valores	,095	12	,200*	,981	12	,987
Tratamientos	,166	12	,200*	,876	12	,078

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Shapiro-Wilk indican que los datos se distribuyen de manera normal $\text{sig.}= 0.200 > 0.05$...

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Pruebas de Homogeneidad de varianzas

		Estadístico de				
			Levene	gl1	gl2	Sig.
Valores	Se basa en la media	,000		3	8	1,000
	Se basa en la mediana	,000		3	8	1,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,000		3	8,000	1,000
	Se basa en la media recortada	,000		3	8	1,000

La prueba de Levenne muestra que con $\text{sig.} = 1.000$, las varianzas son homogéneas en los datos.

ANOVA

Valores

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,664	3	,221	2,460	,137
Dentro de grupos	,720	8	,090		
Total	1,384	11			

La prueba de ANOVA indica que no hay evidencia suficiente para indicar que los tratamientos tienen rendimientos diferentes; $F= 2,460$ y $\text{Sig.}= 0.137 > 0.05$

3. Prueba estadística paramétrica ANOVA para el análisis del índice de germinación de la semilla de maíz

PRUEBA DE NORMALIDAD

		Shapiro-Wilk		
	Tratamientos	Estadístico	gl	Sig.
Germinación	T1	1,000	3	1,000
	T2	1,000	3	1,000
	T3	1,000	3	1,000
	T4	1,000	3	1,000
	T0	1,000	3	1,000

Descripción: De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk, indica que los datos se distribuyen normalmente para la variable tipo de quesos (Estadísticos entre 1.000; p > 0.05); indicador que nos permite aceptar la hipótesis nula.

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de			Sig.
		Levene	gl1	gl2	
Germinación	Se basa en la media	,000	4	10	1,000
	Se basa en la mediana	,000	4	10	1,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,000	4	10,000	1,000
	Se basa en la media recortada	,000	4	10	1,000

El estadístico de Levene con un sig > 0.05, indica que hay homogeneidad de varianzas entre los diferentes tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA. ANOVA

Germinación

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2883,600	4	720,900	720,900	,000
Dentro de grupos	10,000	10	1,000		
Total	2893,600	14			

La prueba ANOVA con estadístico $F= 720.900$ y $\text{Sig.} = 0.000 < 0.05$; indica que hay significancia; por tanto, rechazamos la hipótesis (H_0) y se concluye que si existe diferencia entre las medias de los tratamientos.

COMPARACIONES MÚLTIPLES

Variable dependiente: Germinación

HSD Tukey

(I)	Tratamie ntos	Diferencia de medias (I-J)	Intervalo de confianza al 95%			
			Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
T1	T2	1,00000	,81650	,738	-1,6872	3,6872
	T3	1,00000	,81650	,738	-1,6872	3,6872
	T4	4,00000*	,81650	,004	1,3128	6,6872
	T0	36,00000*	,81650	,000	33,3128	38,6872
T2	T1	-1,00000	,81650	,738	-3,6872	1,6872
	T3	,00000	,81650	1,000	-2,6872	2,6872
	T4	3,00000*	,81650	,028	,3128	5,6872
	T0	35,00000*	,81650	,000	32,3128	37,6872
T3	T1	-1,00000	,81650	,738	-3,6872	1,6872
	T2	,00000	,81650	1,000	-2,6872	2,6872
	T4	3,00000*	,81650	,028	,3128	5,6872
	T0	35,00000*	,81650	,000	32,3128	37,6872
T4	T1	-4,00000*	,81650	,004	-6,6872	-1,3128
	T2	-3,00000*	,81650	,028	-5,6872	-,3128
	T3	-3,00000*	,81650	,028	-5,6872	-,3128
	T0	32,00000*	,81650	,000	29,3128	34,6872
T0	T1	-36,00000*	,81650	,000	-38,6872	-33,3128
	T2	-35,00000*	,81650	,000	-37,6872	-32,3128
	T3	-35,00000*	,81650	,000	-37,6872	-32,3128
	T4	-32,00000*	,81650	,000	-34,6872	-29,3128

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Germinación

HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T0	3	60,0000		
T4	3		92,0000	
T2	3			95,0000
T3	3			95,0000
T1	3			96,0000
Sig.		1,000	1,000	,738

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Cualquiera de los T1 y T2 T3 provocan la misma germinación, en cambio los T4 y el testigo T0 muestran diferencias de los demás

Anexo E

Lectura espectrofotométrica infrarroja, transformada de Fourier, con ATR

Sample 013 By Student					Absorbancia = 2 - log(%T)	
Created as New Dataset	Date	Friday	January 20 2022			
cm-1	%T			%T	Log %T	absorbancia
			unalm			
4000	98.2		sample	98.2	1.992111488	0.007888512
3999	98.2		1024 scans	98.2	1.992111488	0.007888512
3998	98.2		ATR solid phase	98.2	1.992111488	0.007888512
3997	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3996	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3995	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3994	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3993	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3992	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3991	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3990	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3989	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3988	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3987	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3986	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3985	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3984	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3983	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3982	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3981	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
3980	98.2			98.2	1.992111488	0.007888512
.
.

.....CONTINUACION DE LA LECTURA.....(son cerca de 50 páginas).

N de onda cm-1	Created as New Dataset %T (Tramitancia)	Sample 013 By Student Date Friday	January 20 2022 %T	Log %T	Y Absorbancia
523	58.72		58.72	1.768786047	0.231213953
522	58.74		58.74	1.768933942	0.231066058
521	58.75		58.75	1.769007871	0.230992129
520	58.76		58.76	1.769081787	0.230918213
519	58.78		58.78	1.769229582	0.230770418
518	58.81		58.81	1.769451179	0.230548821
517	58.84		58.84	1.769672664	0.230327336
516	58.83		58.83	1.769598848	0.230401152
515	58.83		58.83	1.769598848	0.230401152
514	58.85		58.85	1.769746467	0.230253533
513	58.86		58.86	1.769820258	0.230179742
512	58.87		58.87	1.769894036	0.230105964
511	58.9		58.9	1.770115295	0.229884705
510	58.96		58.96	1.770557475	0.229442525
509	59.01		59.01	1.770925615	0.229074385
508	59.03		59.03	1.771072783	0.228927217
507	59.05		59.05	1.771219902	0.228780098

506	59.07	59.07	1.771366971	0.228633029
505	59.06	59.06	1.771293443	0.228706557
504	59.05	59.05	1.771219902	0.228780098
503	59.04	59.04	1.771146349	0.228853651
502	59.04	59.04	1.771146349	0.228853651
501	59.02	59.02	1.770999205	0.229000795
500	58.98	58.98	1.770704768	0.229295232

Anexo F.

Documentos de servicios de laboratorios

 <p>Labisag LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN SUELOS Y AGUAS</p>	 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS</p>	Código: CCFG - 004-2 Versión: 02 26/04/2022				
Cotización N° 00075 LABISAG2023		Página: 1/1				
DATOS DEL CLIENTE						
Fecha: viernes, 5 de Mayo de 2023 Razón Social del Cliente: Jorge Guzmán Bautista Domicilio Legal: Av Pazos 463 Dpto 101, Santiago de Surco-Lima Contacto: 949063184 Contacto para emisión de resultados: Jorge Guzmán Bautista						
Tipo de Análisis						
SUELOS Análisis físico-químico	Caracterización	Identificación del método de Ensayo	Cantidad	Costo S/	Subtotal S/	
		nH	Relación Suelo – Agua 1:1/Método EPA9045	1.00	S/ 70.00	S/ 70.00
		Conductividad Eléctrica	Método ISO11265			
		Materia Orgánica	WALKLEY Y BLACK/ Método AS – 07 NOM 021			
		Carbono Orgánico	WALKLEY Y BLACK/ Método AS – 07 NOM 021			
		Nitrogeno (N)	WALKER Y BLACK/ Método AS – 07 NOM 021			
		Fósforo (P)	Método del OLSEN MODIFICADO. Norma EPA 3050B			
		Potasio (K)	Método: SATURACION DE ACETATO DE AMONIO Norma: EPA 3050B			
		Clase Textural	Método de BOUYOUCCOS /AS-09-NOM-021-REC/NAT-2000			
		Capacidad e Intercambio Catiónico (C.I.C.)	Norma EPHA METHOD 6020 (Preparación de muestra) EPA Method 3051 A			
Sodio (Na)	Norma EPHA METHOD 6020 (Preparación de muestra) EPA Method 3051 A					
Aluminio (Al)	Norma EPHA METHOD 6020 (Preparación de muestra) EPA Method 3051 A					
Calcio (Ca)	Norma EPHA METHOD 6020 (Preparación de muestra) EPA Method 3051 A					
Magnesio (Mg)	Norma EPHA METHOD 6020 (Preparación de muestra) EPA Method 3051 A					
COSTO TOTAL			S/ 70.00			
VALIDEZ DE LA COTIZACIÓN			10 DIAS LUEGO DE RECIBIR LA COTIZACIÓN			
FORMA DE PAGO			CONTADO			
CONDICIONES DE PAGO			PAGO EN CAJA DE LA UNTRM : EFECTIVO			
ESTA PROFORMA NO INDICA UNA RESERVA DEL SERVICIO						
En caso de requerir información adicional la pueden solicitar al Ing. Willian García en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas: Campus Universitario de la UNTRM - Calle Higos Ureña N° 342-350-356 - Calle Universitaria N° 304 - Chachapoyas, Chachapoyas, Amazonas, o en el siguiente teléfono: 925 698 717 (Willian). También nos pueden contactar al correo electrónico: labisag@untrm.edu.pe, jesus.racion@untrm.edu.pe.						
PLAZO DE ENTREGA DE INFORME DE RESULTADOS: 15 DÍAS HABILES UNA VEZ RECEPCIONADO LAS MUESTRAS NÚMERO DE CUENTA DE BANCO DE LA NACIÓN PARA DEPÓSITO O TRANSFERENCIA: 00-261-022419-84 CCE: 018-261000261022419-84						
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN SUELOS Y AGUAS						
 I UNIVERSITARIO TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS M. Sc. JESÚS RACION BARROS RESPONSABLE						
Activar Windows Ve a Configuración para activar						



RUC: 20101259014
BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA
B041 - 00005757

Jr. Camilo Carrillo N° 325 -Jesús María - Lima - Lima

Punto de emisión: Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Lima

Página Web: www.fda.com

Fecha: 05/05/2023

Identificación: DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD

Nº Identificación: 06663384

GUZMAN BAUTISTA, JORGE HILARIO

Dirección: AV. PAZOS 463-SANTIAGO DE SURCO-LIMA-LIMA

DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	IMPORTE
ANALISIS EN MATERIA ORGANICA SOLIDA: M.O. COMPLETA MAS CARBONO ORGANICO OXIDABLE, MAXIMA RETENCION DE HUMEDAD, DENSIDAD, CIC TOTAL, CENIZAS	NIU	2.00	220.00	440.00

SON: CUATROCIENTOS CUARENTA Y 00/100 SOLES

TOTAL GRAVADA	TOTAL EXONERADA	TOTAL DSCTO.	VALOR VENTA	IMPUESTO	ISC	IMPORTE TOTAL
S/ 372.88	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 372.88	S/ 67.12	S/ 0.00	S/ 440.00



Municipalidad Provincial de Barranca

SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN Y OTROS

anexo G. Documentos de permisos y autorizaciones

SEÑOR : **ALCALDE PROVINCIAL DE BARRANCA**
 GERENTE : **SERVICIOS PÚBLICOS**
 SUB GERENTE : **DE SALUD Y MEDIO AMBIENTE**

G. VZMAN
Apellido Paterno

BAUTISTA
Apellido Materno

JOSÉ ALFILARIO
Nombre (s)

Identificado (a) con: DNI N°

06663384

Domiciliado (a) en : **J. B. H. PILITO UNANUE 101 / CRUCE CON 9 DICHO, BR**
Nota: Consignar Domicilio en la provincia de Barranca

BARRANCA
Distrito

BARRANCA
Provincia

Teléfono / Celular

995009964.

Correo Electrónico:

jgvzman@und.edu.pe

En representación de: (llenar solo cuando corresponda)

Solicito a Usted

**Solicito Autorización a efectos de Desarrollar
 A ARTE EXPERIMENTAL, DE UN TRABAJO DE INVESTIGACIONES SOBRE
 DIAVOMIN DJS™ DEBICON DE COMPOSTOS HUMICOS A PAPIR DE RESIDIO
 AGROINDUSTRIAL PARA EL USO SOSTENIBLE DE SUELOS AGRICOLA Y LA
 MADERA EN EL AMBIENTE EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE LA
 MUNICIPALIDAD DE BARRANCA. LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION
 SERAN COMPARTIDOS Y SOCIALIZADOS A LOS REPRESENTANTES DE LA MUNICIPALIDAD
 INICIARA EL PROYECTO EL 24 FEBRERO 2020, HASTA DICIEMBRE
 2021**

Documentos que se adjuntan:

**- DNI del Técnico del Doctorado
 - PLAN DE TRABAJO QUE SE ENCUENTRA DENTRO DEL PROYECTO DE
 INVESTIGACION**

NOTA: ENVIAR A LA GERENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS

Por la presente declaro bajo responsabilidad que los datos consignados en la presente solicitud son cierto y completos estando en conocimiento de las sanciones que se pueda imponer en caso de incumplimiento de conformidad con los dispuesto por las leyes vigentes.

Barranca, 10 de ENERO del 2020

K. VZMAN B
FIRMA



CARTA N° 0002-2020-SGSMA/ADA-MPB

Barranca, 15 de enero de 2020

Señor:

JORGE HILARIO GUZMAN BAUSTISTA
Jr. Hipólito Unanue 101
Barranca
PRESENTE. –

ASUNTO: RESPUESTA A SOLICITUD

REFER : RV 1084-2020

De mi especial estima y consideración

Es grato dirigirme a usted en esta oportunidad, con la finalidad de expresarle el cordial saludo a nombre de la Municipalidad Provincial de Barranca y el mío propio en mi calidad de Sub Gerente de Salud y Medio Ambiente, y a la vez informarle que en relación al expediente de la referencia en el cual solicita autorización para desarrollar la parte experimental del trabajo de investigación denominado "Obtención de compuestos húmicos a partir de residuos alimentarios, para el uso sostenible de suelos agrícolas y la mejora en el ambiente.

Al respecto comunicarle que la autorización solicitada será dada por un periodo de 6 meses, siendo la fecha de inicio el 24 de febrero según el expediente presentado.

Agradeciéndole por anticipado la merecida atención al presente, me despido de Usted, reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE BARRANCA
Begoña Alberto Díaz Alfaro
SUB GERENTE DE SALUD Y MEDIO AMBIENTE