

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA GALLINAZA EN EL APORTE DE MACRONUTRIENTES POST COMPOSTAJE

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF CHICKEN MANURE ON THE CONTRIBUTION OF POST-COMPOSTING MACRONUTRIENTS

Santiago Samaniego¹, Dayana Acosta², Marco Pino-Vallejo³

{esamaniegoc@istra.edu.ec¹, dacolstal@istra.edu.ec², marcopinovallejo@hotmail.com³}

Fecha de recepción: 27 de noviembre de 2023 / Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2023 / Fecha de publicación: 31 de diciembre de 2023

RESUMEN: En la actualidad el cultivo con abono orgánico va incrementándose al igual que la demanda de sustratos de origen vegetal o animal. El estudio se realizó en la parroquia San Luis del cantón Riobamba. Para evaluar los macronutrientes resultantes del compostaje la gallinaza y el aserrín fueron analizados individualmente para reconocer el porcentaje de nitrógeno, potasio, fósforo, materia orgánica, carbono y humedad. En el tratamiento se aplicó la relación C:N₂₅ (25:1) , C:N_{27.5} (27.5:1) y C:N₃₀ (30:1), de esta manera se determinó las partes de gallinaza recomendables por cada parte de aserrín. Se conformaron 3 pilas de compostaje cada una con un duplicado para comprobar los resultados de cada tratamiento. Se determinó que la relación C:N_{27.5}, compuesta de 1.37 partes de gallinaza por cada parte de aserrín se estabiliza en menor tiempo alcanzando los rangos recomendados de nitrógeno, fósforo y potasio, considerándose como compost de buena calidad.

Palabras clave: Gallinaza, Aserrín, Compost, Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

ABSTRACT: Currently, cultivation with organic fertilizer is increasing, as is the demand for substrates of plant or animal origin. The study was carried out in the San Luis parish of the Riobamba canton. To evaluate the macronutrients resulting from composting, chicken manure and sawdust were analyzed individually to recognize the percentage of nitrogen, potassium, phosphorus, organic matter, carbon and humidity. In the treatment, the C:N ratio 25, 27.5 and 30 was applied, in this way the recommended parts of chicken manure for each part of sawdust were determined. 3 composting piles were formed, each with a duplicate to check the results of each treatment. It was determined that the C:N_{27.5} ratio, composed of

¹Coordinador de la Carrera de Salubridad y Medio Ambiente, Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania - Ecuador, ORCID: 0009-0002-5325-2044, +593984138212

²Coordinadora de la Carrera de Desarrollo Ambiental, Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania - Ecuador, ORCID: 0009-0007-2975-7751, +593991796226

³Coordinador de la Unidad de Investigación, Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania - Ecuador, ORCID: 0000-0003-0611-9339, +5930997472676

1.37 parts of chicken manure for each part of sawdust, stabilizes in less time, reaching the recommended ranges of nitrogen, phosphorus and potassium, considered as good quality compost.

Keywords: Chicken manure, Sawdust, Compost, Carbon-Nitrogen Relation (C:N)

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es uno de los problemas de mayor importancia en todo el mundo, la pérdida de nutrientes provoca la reducción de bienes y servicios para los productores como consumidores (1). La degradación de los suelos avanza de manera alarmante en Ecuador, en el callejón interandino se registra extensas áreas improductivas (2). Los Andes ecuatorianos sufrieron notables transformaciones ocasionando que las actividades agrícolas se expandieran directamente al páramo de la Sierra Central (3). En la provincia de Chimborazo las actividades antropogénicas como el pastoreo extensivo o intensivo, y la quema de pajonal causa una gran pérdida de la cobertura vegetal (4).

Los altos costos de los insumos agrícolas y la baja productividad de cultivos actualmente desencadenan esta crisis provocando que los agricultores se inclinen al uso de insumos con mayores componentes orgánicos que químicos como alternativa. Implementar una agricultura sostenible resulta beneficiosa para la recuperación de los suelos con abonado orgánico (5). Si se ejecutan más procedimientos de producción sostenible podrá minorar los efectos de la agricultura sobre el medio ambiente, ejerciendo una misión importante en la inversión de estos efectos, por ejemplo, almacenando carbono en los suelos, mejorando la filtración del agua y conservando los paisajes rurales y la biodiversidad (6).

Los abonos orgánicos son agentes mitigadores del empobrecimiento del suelo brindando nutrición integral, haciendo que no se empobrezca al extraer el cultivo en la cosecha (7). Los abonos de origen orgánico protegen y también cuidan el potencial biológico de los microorganismos empleados para mejorar la estructura del suelo (8). Los residuos orgánicos provenientes del sector agropecuario y agroindustria, pueden ser transformados por el hombre para ser introducidos a los ecosistemas (9). Los residuos agrícolas son una importante fuente de contaminación, pero también son un valioso recurso nutritivo para la producción agrícola (10).

La gallinaza como fertilizante compostado, aporta al suelo materia orgánica, aumenta su capacidad de retención de agua, aporta elementos nutritivos para las plantas, así mismo el uso de gallinazas frescas puede producir efectos adversos por ello es importante su correcto procesamiento (11). Con la transformación de la gallinaza, por medio de diferentes tratamientos, se genera una alternativa para darle valor agregado a un residuo abundante en las producciones avícolas y mitigar el impacto ambiental negativo que este puede ocasionar cuando no es procesada (12).

El compostaje es un método que sirve para degradar materia orgánica y obtener un material estable por medio de procesos biotecnológicos llamado compost (13). El compostaje sirve para realizar una estabilización, así como también la desinfección de residuos orgánicos ya que poseen altas cantidades tanto de materia orgánica como de macronutrientes (14). Un proceso de compostaje realizado correctamente está en capacidad de eliminar patógenos como *Salmonella spp* (15).

El objetivo de la investigación es evaluar la influencia de la gallinaza, en el aporte de macronutrientes post compostaje con material celulósico, mediante análisis de laboratorio y el control de los parámetros de compostaje, realizando tres diferentes tratamientos con su duplicado cada uno tomando como base la relación carbono nitrógeno (C:N) para realizar formulaciones de mezcla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la parroquia San Luis perteneciente al cantón Riobamba (1° 42'19" latitud Sur y 78° 38' 39" longitud Occidental, a una altitud de 2.700 m.s.n.m. La zona en la que se desarrolló el estudio se caracteriza por las siguientes variables meteorológicas: Temperatura máxima y mínima es de 18°C y 10°C respectivamente, con un promedio anual de 14°C, se registra precipitaciones lluviosas máximas de 1000 mm y mínimas de 43 mm con un promedio anual de 520 mm y con una humedad relativa entre 75% a 80%.

Caracterización del suelo: La Parroquia de San Luis tiene una la topografía general irregular y ligeramente inclinada hacia los ríos Chambo y Chibunga, con un rango de altura que va de los 2500 m.s.n.m. a 2800 m.s.n.m. Existen planicies con pendientes menores a 20%, conformadas por suelos rústicos de la clase durustolls y haplustolls, es decir son suelos profundos de más de 50 cm. Los fértiles son de textura franca o franco-arenosa con poca materia orgánica y buena retención de humedad con pH ligeramente ácido. Los suelos de poca pendiente son aptos para la mecanización. Los suelos sobre los 2900 m.s.n.m., se caracteriza por tener una topografía ladera con pendientes variables entre 20% y 50%. La capa arable se encuentra entre 0 - 70 cm, con textura limo-arenosa y pH ligeramente ácido. Los suelos cangahuosos se encuentran cubiertos en su mayoría por una capa vegetal y en algunos sectores conformación de pequeñas colinas. Estas características califican a un suelo con déficit de nutrientes, se trata de un tipo de tierra arenosa, ligera y drenante, pero propensa a secarse (16).

Caracterización de los materiales para el compostaje: Para la caracterización de los materiales se tomó 500 g de gallinaza y 500 g de aserrín con el objetivo de analizar la cantidad de nitrógeno, potasio, fósforo, materia orgánica y carbono orgánico. Para el proceso de compostaje se consideró el porcentaje de humedad y temperatura. El análisis de la gallinaza y el aserrín se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Fertilizantes de la Dirección de Diagnóstico de Inocuidad de Alimentos y Control de Insumos Agropecuarios.

Tabla 1: Métodos de laboratorio para la caracterización de la gallinaza y el aserrín

Elementos	Método
Nitrógeno	Método de combustión, con código PEE/F/14
Potasio	Método líquidos Sólidos con código PEE/F/19
Fósforo	Método de fósforo total en fertilizantes con código PEE/F/04
Materia Orgánica	Procedimiento específico del ensayo de cenizas y materia orgánica en muestras de fertilizantes sólidas, con código PEE/F/09
Carbono Orgánico*	Factor de corrección de Van Bemmelen
Humedad	Método gravimétrico

* El carbono orgánico es un 58% de la materia orgánica por lo que se aplica el factor de 1,724 para el cálculo del carbono orgánico obtenido en los análisis de laboratorio.

Relación Carbono: Nitrógeno (C:N): Es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo, que indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas (17). Esta relación en el suelo puede tener un efecto significativo en la descomposición de la gallinaza y aserrín. Se utilizó la relación Carbono: Nitrógeno (C:N) 25:1, 27.5:1 y 30:1.

Formulación para el compostaje: Un aspecto importante es la mezcla del material para alcanzar una relación C:N adecuada, es decir para adicionar una cantidad de aserrín, se debe calcular la cantidad de gallinaza. Para calcular la relación 25, 27.5 y 30 se aplicó la ecuación 1 (18).

$$R = \frac{Q_1(C_1(100-H_1)+ Q_2(C_2(100-H_2))}{Q_1(N_1(100-H_1)+ Q_2(N_2(100-H_2))} \quad (1)$$

Siendo, R: relación C:N que se desea obtener; Q: la cantidad de material a adicionar (%), C: cantidad de Carbono orgánico del material (%); N: cantidad de Nitrógeno del material (%), y H: humedad en peso del material %).

El resultado de la ecuación, en la práctica, determina que para adicionar una cantidad Q1 (aserrín), se debe calcular una cantidad de Q2 (gallinaza).

Conformación de las pilas de compostaje: Se aplicó la técnica de compostaje aeróbico en pila móvil, este proceso de compostaje se desarrolla en una pila del material a la que se le aplica volteos periódicos, de esta manera se busca oxigenar la materia orgánica.

Se construyeron 3 pilas de compostaje de 2 m de largo x 3 m de ancho x 2 m de profundidad con capacidad para 100 kg. Posterior a los cálculos de proporción se formaron 3 pilas de compostaje en las que aplicaron la relación 25:1 en la primera pila, 27.5:1 en la segunda pila y 30:1 en la tercera pila, añadiendo capas tanto de gallinaza como aserrín de manera proporcional a los cálculos.

El tiempo de compostaje fue de 9 semanas ya que alcanzó la temperatura más alta en la quinta y sexta semana, llegando al proceso de higienización del compost, posterior la temperatura empieza a descender entrando a la maduración del compost, que se dio durante 2 semanas.

Actividades de control: Para un adecuado proceso de compostaje se deben controlar parámetros como la humedad, el pH, así como también la temperatura de la pila (18). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en el proceso de compostaje para que ocurra la maduración la temperatura máxima debe alcanzar los 65 °C, la humedad debe encontrarse entre 45% y 60% (19), y los rangos de pH deben estar entre 6 a 9 para que el proceso de compostaje sea óptimo (20).

Para el control de la temperatura, se utilizó un termómetro portátil, la sonda fue ingresada 20 cm dentro de la pila. La humedad se monitoreo con un higrómetro portátil, y se controló regando agua por aspersión. Para el control del pH se utilizó un pHmetro portátil. Los volteos de la pila se realizaron una vez cada dos semanas para incrementar el oxígeno existente en las pilas de compostaje.

Caracterización de macronutrientes: Conocer los valores iniciales de los nutrientes permite evaluar el equilibrio nutricional del compost. Si, se conocen los niveles iniciales de fósforo, nitrógeno y potasio, se pueden ajustar las aplicaciones de compost para satisfacer las necesidades específicas de los suelos y cultivos, promoviendo prácticas sostenibles y reduciendo los impactos ambientales negativos asociados al uso de fertilizantes químicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para iniciar con el proceso de compostaje se realizó la caracterización de los sustratos gallinaza y aserrín con los siguientes resultados.

Tabla 2. Condiciones iniciales de la gallinaza

Muestra	Parámetro	Unidad	Valor
Gallinaza	Nitrógeno	%	2.03
	Fósforo	%	1.80
	Potasio	%	3.06
	Materia Orgánica	%	64.47
	Humedad	%	23.40

En la tabla 2, se presentan los valores de los elementos contenidos en la gallinaza. El potasio con un valor del 3.06% y el fósforo con 1.80% se encuentran principalmente en forma de sales inorgánicas como cloruro de potasio, sulfato de potasio, fosfato de potasio. La cantidad de potasio y fósforo en la gallinaza variará según la dieta del ave y la cantidad de estiércol producido. Los nutrientes fósforo y potasio deben conservarse en valores cercanos a los originales y no deben ser menores al 3% y 1% (21).

La aplicación de gallinaza rica en potasio puede mejorar la disponibilidad de este nutriente para las plantas y mejorar la calidad del suelo (22). El fósforo en la gallinaza es más soluble que otras fuentes orgánicas y está disponible para las plantas a diferencia de otras fuentes de fósforo (23).

Tabla 3: Condiciones iniciales del aserrín

Muestra	Parámetro	Unidad	Valor
Aserrín	Nitrógeno	%	1.34
	Fósforo	%	0.03
	Potasio	%	<0.03
	Materia Orgánica	%	99.10
	Humedad	%	7.88

En la tabla 3, se exponen los valores porcentuales de los parámetros analizados en el aserrín. La materia orgánica contenida es del 99.10%, esto dependerá de la especie de madera.

El tipo de procesamiento y la presencia de otros materiales en el aserrín, como corteza y astillas, mejoran la estructura del suelo y aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes que puede ser utilizado como fuente de carbono para la producción de compost o para la elaboración de sustratos (24).

El porcentaje de potasio fue <0.03% Según Carolla (25), el porcentaje de potasio depende de varios factores, como la especie de árbol, la edad del árbol, la ubicación geográfica, el método de procesamiento del aserrín y la presencia de otras sustancias en el material.

El aserrín puede usarse como una fuente de potasio para las plantas, especialmente en suelos pobres en este nutriente, sin embargo, el potasio en el aserrín puede estar en forma no disponible para las plantas, lo que significa que las plantas no pueden absorberlo directamente, en estos casos, el aserrín puede ser tratado para liberar el potasio disponible mediante compostaje o procesos químicos (26).

Tabla 4: Valores de Carbono orgánico

Material	Carbono orgánico
	%
Gallinaza	37.40
Aserrín	57.48

En la tabla 4, se presenta al carbono orgánico, que se refiere al carbono que forma parte de los compuestos orgánicos, es decir, aquellos compuestos que son producidos por organismos vivos o procesos biológicos (27).

Teóricamente se estima que la gallinaza contiene alrededor del 40% de carbono orgánico, lo que la convierte en una fuente valiosa de materia orgánica para el suelo (9).

El contenido de carbono de la muestra de la gallinaza es 37.40%. Por otra parte, el porcentaje de carbono orgánico en el aserrín es mayor con 57.48% de carbono orgánico debido a que la madera es un material orgánico compuesto principalmente por celulosa, lignina y hemicelulosa, que son compuestos orgánicos con alto contenido de carbono (28).

Formulación de los tratamientos de compostaje experimental: Los valores obtenidos en las pruebas de laboratorio, correspondientes al porcentaje de carbono, nitrógeno y humedad, del aserrín (Q_1) y de la gallinaza (Q_2), se reemplazan en la ecuación 1:

$$R = \frac{Q_1(37.40 (100-23.40)+ Q_2(57.48 (100-7.88))}{Q_1(2.03(100-23.40)+ Q_2(1.34(100-7.88))}$$

$$R = \frac{2864.84 Q_1 + 5328.22 Q_2}{155.50 Q_1 + 123.44 Q_2} \quad (2)$$

De esta manera se establece la ecuación 2, que servirá para determinar $Q_1 = Q_2$, para los tres tratamientos.

En la tabla 5, se presentan las ecuaciones 3, 4 y 5, que determinan las partes de gallinaza recomendables por cada parte de aserrín.

Tabla 5: Formulación de los tratamientos de compostaje

Relación C:N	Ecuación	$Q_1 = Q_2$	
25	$25 = \frac{2864.84 Q_1 + 5328.22 Q_2}{155.50 Q_1 + 123.44 Q_2}$	$Q_1 = 2.190 Q_2$	(3)
27.5	$27.5 = \frac{2864.84 Q_1 + 5328.22 Q_2}{155.50 Q_1 + 123.44 Q_2}$	$Q_1 = 1.37 Q_2$	(4)
30	$30 = \frac{2864.84 Q_1 + 5328.22 Q_2}{155.50 Q_1 + 123.44 Q_2}$	$Q_1 = 0.903 Q_2$	(5)

Tratamiento y testigo: Se realizaron 3 pilas de compostaje con su respectivo duplicado para una comparación adicional y constancia de resultados.

A los tratamientos se les identificó de la siguiente manera: C:N₂₅=Tratamiento 1 (T1) con duplicado (T1A), C:N_{27.5}=Tratamiento 2 (T2) con duplicado (T2A) y C:N₃₀=Tratamiento 3 (T3) con duplicado (T3A).

Monitoreo y control de parámetros: El monitoreo para el control de la temperatura, humedad y pH se realizó durante 9 semanas, tiempo en el que se completó el proceso de compostaje.

Temperatura: La variación de la temperatura en los tratamientos de compostaje aumenta a partir del segundo día en donde se inicia la fase mesófila (<45°C) para luego iniciar la etapa termófila (> 45°C) (29).

Tabla 6: Media semanal de temperatura (°C)

Tratamientos	Semanas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	°C								
T 1	16.80	21.10	26.00	30.70	39.40	46.20	43.10	40.20	36.80
T1A	17.50	21.80	26.80	32.60	41.30	46.20	44.90	48.30	39.10
T2	19.30	26.10	30.90	38.50	47.60	51.00	44.90	36.70	30.10
T2A	18.80	26.00	33.10	39.60	48.10	52.00	48.50	41.60	31.50
T3	17.90	19.40	20.00	28.10	35.50	40.50	44.20	45.90	40.00
T3A	17.30	18.40	23.50	28.50	35.50	43.40	44.50	40.01	39.10

En la tabla 6, se registra que los tratamientos T2, T2A, fueron los primeros en alcanzar la etapa termófila en la semana 5 y 6, mientras que los tratamientos T1 y T1A en la semana 6 y el tratamiento T3 alcanzo esta etapa en la semana 8.

En el tratamiento T1 (C:N₂₅), la temperatura se mantuvo por debajo de los 40°C, por lo que no se considera un abono libre de patógenos y el tiempo para compostar es mayor. En este caso, el alto contenido de nitrógenos abandona el sistema en forma de amoníaco, y el nitrógeno inicial se volatiliza.

La temperatura el T2 (C:N_{27.5}), se estabiliza y regresa a la etapa mesófila que se puede comprobar en el duplicado. Este tratamiento alcanza temperaturas superiores a los 50°C por lo que se considera una abono sanitizado, debido a que a estas temperaturas se eliminan varios patógenos que están presentes en la gallinaza cruda.

El proceso de compostaje en el tratamiento T3 (C:N₃₀), se estabiliza en más tiempo al alcanzar los 45.90°C, es decir la etapa de compostaje no se realiza mientras no existan las condiciones adecuadas por lo tanto los microorganismos mesófilos permanecen por espacios de tiempo más prolongados.

Humedad: La humedad del compost es directamente proporcional con la temperatura. En la tabla 7, se presentan los porcentajes de humedad que son el resultado del control de temperatura. Al alcanzar una temperatura de 46°C se realizó humectación por aspersión, para mantener la humedad por encima del 30% para evitar la reducción de la actividad biológica.

Tabla 7: Media semanal de las medidas periódicas de humedad (%)

Tratamientos	Semanas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	%								
T1	31	41	42	43	41	46	41	42	43
T1A	34	43	42	44	42	46	41	40	45
T2	33	42	41	44	42	46	45	44	46
T2A	33	41	39	46	41	46	46	40	48

T3	40	40	37	45	40	46	39	41	40
T3A	35	46	42	44	41	42	39	41	40

Potencial hidrógeno (pH): En la tabla 8, se registra que en la primera semana el pH en los tratamientos T1, T1A y T2, presentan un pH ligeramente ácido. En la segunda semana T1A mantiene un pH ligeramente ácido. Es recomendable que el sustrato tenga un pH ligeramente ácido, para que los nutrientes se encuentren disponibles, y una baja conductividad eléctrica, para que no existan problemas de toxicidad por sales (30). Los valores de pH a partir de la segunda semana se consideran adecuados ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos de 6 a 9 que se consideran óptimos para el compostaje (20).

Tabla 8. Media semanal de las medidas periódicas de pH

Tratamientos	Semanas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	pH								
T1	6.80	7.00	7.20	7.10	7.20	7.30	7.40	7.70	7.80
T1A	6.90	6.90	7.10	7.10	7.20	7.20	7.40	7.70	7,80
T2	6.90	7.10	7.10	7.30	7.20	7.30	7.50	7.80	8,10
T2A	7,10	7.10	7.20	7.20	7.30	7.30	7.60	7.60	8.00
T3	7.00	7.10	7.10	7.20	7.30	7.30	7.40	7.50	7.50
T3A	7.00	7.00	7.10	7.20	7.20	7.20	7.20	7.40	7.40

Evaluación de macronutrientes: Las muestras del sustrato obtenido de las pilas de compostaje y de sus respectivos duplicados, fueron sometidas a análisis en el Laboratorio de Calidad de Fertilizantes de la Dirección de Diagnóstico de Inocuidad de Alimentos y Control de Insumos Agropecuarios, con el objetivo de conocer los valores de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) antes de iniciar el tratamiento y al finalizar el tratamiento como se expresa en la tabla 9 y 10.

Macronutrientes iniciales: En la tabla 9, se identifican que la relación C:N₂₅ en T1 contiene mayor cantidad de macronutrientes a diferencia de T2 y T3, debido a que la mezcla contiene 2.19 partes de gallinaza por cada parte de aserrín.

Tabla 9. Porcentaje de macronutrientes al inicio de los tratamientos

Macronutrientes Inicial	T1	T2	T3
	%		
Nitrógeno	1.83	1.71	1.68
Fósforo	6.37	4.78	4.362
Potasio	2.22	1.67	1.5217

En todos los tratamientos se evidenció un aumento del nitrógeno en la etapa inicial. Un compost comercialmente aceptable tiene un porcentaje de nitrógeno > 2 (31). El tratamiento T2 (C: N_{27.5}) alcanzó 2.01.

Macronutrientes finales: En la tabla 10, se identifica que el porcentaje de fósforo en los tratamientos se encuentra ente 4 y 6, estos valores varían de acuerdo a los materiales de origen a ser compostados siendo los rangos óptimos entre 1.0 % a 4.0 % aproximadamente (32), el aumento en las cantidades de este componente se deriva de la transformación de la materia orgánica en minerales a lo largo del proceso. La presencia elevada de dicho componente en la cantidad final resulta beneficiosa para enriquecer los suelos y potenciar el crecimiento de los cultivos al ser asimilado en forma de fosfato (33).

Tabla 10. Porcentaje de macronutrientes al finalizar los tratamientos

Macronutrientes Final	T1	T2	T3
Nitrógeno	1.98	2.01	1.73
Fósforo	6.924	5.972	4.548
Potasio	2.64	1.954	1.531

La mayor parte de los tratamientos tienen altos contenidos de Potasio, comparando con la normativa australiana, que consideran un 0.3 % como contenido mínimo de Potasio para clasificar como producto de buena calidad (34), el valor más alto de potasio encontrado en los tratamientos es de 2.64 en el T1 (C:N₂₅) ya que este contiene 2.19 partes de gallinaza por cada parte de aserrín, a comparación con los tratamientos T2 y T3 que se encuentra este producto en menor cantidad.

CONCLUSIONES

Los porcentajes de carbono, nitrógeno y humedad del aserrín (Q₁) y de la gallinaza (Q₂) permiten formular las relaciones C:N₂₅, C:N_{27.5} y C:N₃₀ para conformar las partes de Q₁ y Q₂ que conformaran las pilas de compostaje.

Durante la etapa termófila los tratamientos T2 y T2A (C:N_{27.5}), conformado por 1.37 partes de gallinaza por cada parte de aserrín, alcanzaron temperaturas superiores a los 45°C garantizando la sanitización del compost, estabilizándose a partir de la semana 6, y estabilizarse a una temperatura ambiente de 18°C y 10°C.

En la evaluación de nutrientes, la relación C:N_{27.5}, cumple con los porcentajes de nitrógeno, fósforo y potasio considerados óptimos en un compost.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sarandón S, Flores C. Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables [Internet]. Primera edición ed. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP); 2014 [citado 25 de junio del 2023]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/37280/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Tayupanta J. La erosión hídrica: proceso, factores y formas. Archivo Histórico [Internet]. INIAP. 1993. [citado 1 mayo 2023]. Disponible en : <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/271/4/iniapscbd229.pdf>
3. Paula P, Zambrano L, Paula P. Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático[Internet]. Enfoque Ute. 2018[citado 22 mayo 2023]; 9(2): 125-137. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572262061012/html/>
4. Camacho M. Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible [Internet]. Revista Anales. 2014 [citado 22 mayo 2023]; 1(372): 16 Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241/1227>
5. Tituaña E, Cayambe J, Puerres D, Heredia M. Efectividad de sedimentos de la laguna de Colta como abono orgánico para la recuperación de suelos en el cultivo de cilantro [Internet]. Revista Iberoamericana Ambiente y Sustentabilidad. 2019 [Citado 23 mayo 2023]; 2(3): 7 Disponible en: <https://doi.org/10.46380/rias.v2i3.65>
6. FAO. Informe mundial del recurso suelo [Internet]. Roma: Organización de la Naciones Unidad por la Alimentación y Agricultura 2015[citado 27 mayo 2023]. Disponible en: https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADa/Material/Estado_suelo.pdf
7. Loaiza M. Acercamiento a las escuelas campesinas [Internet]. Nodos y Nudos. 2016 [citado 29 mayo 2023]; 4(40): 10. Disponible en: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN/article/view/5249/4015>
8. Cruz J, Álvarez J, Soria M, Bernardio M. Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados [Internet]. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2014 [citado 29 mayo 2023]; 25(1): 6. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000100008
9. Restrepo J, Gómez J, Escobar R. Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura [Internet]. Fidar 2014 [citado 1 junio 2023]. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/56825/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Hodson de Jaramillo E. Bioeconomía: el futuro sostenible [Internet]. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2018 [Citado 1 junio 2023]; 42(164): 188-201. Disponible en: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/650>
11. Estrada M. Manejo y procesamiento de la gallinaza [Internet]. Revista Lasallista de Investigación. 2005[citado 3 junio 2023]; 2(1): 43-48. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>
12. Campitelli , Mercadal , Vazquez , Andrada , Hernandez , Laurella , et al. Efecto de la aplicación de enmienda sobre la actividad enzimática y parámetros fisicoquímicos del

- suelo en condiciones controladas [Internet]. Nexo agropecuario. 2021 [citado 3 junio 2023]; 9(2): 6. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/172660>
13. Almarche A. Studio de la bioactividad potencial de extractos hemicelulósicos de la cascarilla de arroz. [Tesis Doctoral] Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2018.42. Diponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/107252/ALMARCHE%20-%20Studio%20de%20la%20bioactividad%20potencial%20de%20extractos%20hemicelul%C3%B3sicos%20de%20la%20cascarilla%20de%20a....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 14. Álvarez L, Vargas J, Garcia L. Abono orgánico: aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales[Internet]. Spei Domus. 2018 [citado 5 junio de 2023]; 14(28-29): 10. Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/3556/3049>
 15. Bernardo A. Bernardo-Gutiérrez, A. Diseño de un proceso de compostaje para el tratamiento de lodos de una depuradora de aguas residuales en Oviedo, Asturias con una capacidad de producción de 25000 t/año [Tesis final de grado] Austrias: Universidad de Jaén; 2018. 173. Disponible en: https://crea.ujaen.es/jspui/bitstream/10953.1/8383/1/ABG_compostaje.pdf
 16. GAD parroquial San Luis. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia San Luis[Internet]. 2015 [citado 7 de junio 2023]. Disponible en: <https://sanluis.gob.ec/index.php/transparencia/articulo-7-lotaip/literal-k/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento/537-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-parroquia-san-luis/file>
 17. Gamarra C, Díaz M, Vera de Ortiz M, Galeano M, Cabrera A. Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo [Internet]. Revista mexicana de ciencias forestales. 2018 [Consultado 12 junio 2023]; 9(46):19. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000200004
 18. Universidad de Cornell. Calculate C/N Ratio For Three Materials. 1996. Disponible en: <http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html>
 19. Oviedo E, Marmolejo L, Torres P. Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal [Internet]. Revista internacional de contaminación ambiental. 2014 [consultado 14 de julio 2023]; 30(1): 91-100. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100008
 20. Epinosa J. La erosión en Ecuador, un problema sin resolver [Internet]. Siembra. 2014[consultados 18 julio 2022]; 1(1): 7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8234808>
 21. Altamirano M, Cabrera C. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual [Internet]. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas. 2006 [consultado el 20 junio 2023]; 9(17): 75-84. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/697>
 22. Uribe J, Cordoba S, Hernandez L, Bedoya D. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula [Internet]. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2001 [consultado 22 junio 202]; 14(2): 9.

- Disponible en:
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323763/20780950>
23. Catrina V, Alejos I, Cotrina G, Córdova P. Córdova I. Efecto de abonos orgánicos en suelo agrícola de Purupampa Panao, Perú [Internet]. Centro agrícola. 2020 [consultado 3 julio 2023]; 47(2): 10. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n2/0253-5785-cag-47-02-31.pdf>
 24. Mendez E, Amaya J. Fenología y producción de masa fresca y oleorresina de jengibre (*Zingiber officinale* r.) con diferente materia orgánica [Internet]. Revista Ciencia y Tecnología. 2013 [consultado 4 julio 2023]; 9(2): 16. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/278/279>
 25. Varnero M, Muñoz S, Zúñiga R. Valorización Agrícola de Purines Porcinos Procesados con Aserrín de Pino [Internet]. Información tecnológica. 2009 [citado 5 julio 2023]; 20(6): 8. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n6/art11.pdf>
 26. Carrolla C, Sanchez R, Montiel E. Modelo estadístico que permite inferir concentración de potasio en «compost» producido a partir de desechos orgánicos [Internet]. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela. 2007 [citado 7 julio 2023]; 22(2): 83-90. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652007000200007&script=sci_abstract
 27. Brechelt A. Manejo Ecológico del Suelo. [Internet]; RAP-AL 2004 [citado 11 junio 2023]. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/manejo-ecol-suelo-fama.pdf>
 28. Bucci P, Caravelli A, Zaritzky E. Remoción simultánea de nitrógeno y carbono orgánico utilizando un SBR granular aeróbico [Internet], Jornadas ITE. 2019 [citado 14 julio 2023]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/161873>
 29. Escalante , Pérez , Hidalgo , Lopez, Campo , Valtierra , et al. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo [Internet]. Tierra Latinoamericana. 2006 [citado 16 julio 2023]; 34(3): 16. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
 30. Gordillo F. Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros [Tesis de grado]. ESPOL 2010. 142. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/31487/1/D-CD42781.pdf>
 31. Bárbaro L, Monica K, Rizzo P, Riera N. Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos [Internet]. Chilean journal of agricultural & animal sciences. 2019 [citado 18 julio 2023]; 35(2): 11. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00309.pdf>
 32. Soto G, Muñoz C. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica [Internet]; Manejo Integrado de Plagas y Agroecología [citado 19 julio 2023]. 65: 123 - 129. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5955>
 33. Román P, Martínez M, Pantoja A. Manual del compostaje del agricultor [Internet]. FAO 2013 [citado 20 julio 2023]. Disponible en: Manual de compostaje del agricultor (fao.org)
 34. Brito , Viteri , Guevara , Villacrés , Jara , Jiménez , et al. Obtención de compost a partir de residuos sólidos [Internet]. European Scientific Journal. 2016 [citado 20 julio]; 12(29):10.

Disponible en: “Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista Del Cantón Riobamba” | European Scientific Journal, ESJ (eujournal.org)

35. Escobar F, Sanchez J, Azero M. Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani [Internet]. RevActaNova. 2012 [consultado 4 agosto 2023]; 5(3). 21. Diponible en: <http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/ran/v5n3/v5n3a04.pdf>