

# EVALUACIÓN DE LA MEZCLA DE GALLINAZA CON MATERIALES CARBONADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO DE USO AGRÍCOLA

*Simón López Carmona <sup>a</sup>*

*Rubén Darío David Giraldo <sup>b</sup>*

*a. Estudiante Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Oriente (UCO)*

*b. Profesor, asesor de trabajo de grado, Docente de Ciencias Agropecuarias e Ingeniería ambiental de la Universidad Católica de Oriente (UCO).*

## 1. Resumen

Se elaboró un abono orgánico empleando como materia prima gallinaza con materiales carbonados como aserrín pulverizado (A), celulosa (C) y mixtura (M), en relaciones gallinaza/material carbonado de 70/20, con 10% de abono tratado previamente utilizado como inóculo para acelerar el proceso de compostaje. La CIC obtuvo valores promedios entre 33-35 Meq/100g cercanos a los referenciados en literatura para abonos generados a partir de gallinaza. Se encontraron altos contenidos nutricionales de N, P, K; con valores de 31.000-38.000 ppm de N, 22.000 - 37.000 ppm de P, 8.2 - 9.4 Cmol/Kg de K y para el nitrógeno mayores a 30.000 ppm en todos los tratamientos, otros nutrientes como el calcio presentó valores promedio entre 44-48 Cmol/Kg de Ca; el magnesio entre 1.69-2.84 Cmol/Kg, las diferencias significativas existentes se deben a que la celulosa como material carbonado posee menores cantidades de materia orgánica; por tanto, menor disponibilidad de nutrientes en el producto final, además todos los resultados mostraron un pH moderadamente alcalinos entre 7.5-8, en ningún tratamiento se generó agentes patógenos para los humanos como *Salmonella* y *Enterobacter*; la mixtura no referenció crecimientos de mohos y levaduras. La humedad final es el único parámetro de los tratamientos que no obtuvo los rangos requeridos por la NTC 5167 para su comercialización (<20%) con valores promedios entre 23-24%. El abono orgánico que resultó de los tratamientos se puede añadir a los suelos agrícolas sin ningún problema.

**Palabras clave:** compostación, gallinaza, celulosa, aserrín, microbiología, nutrientes.

## 2. Abstrac

An organic fertilizer was produced mainly from chicken manure with carbonized materials such as powdered sawdust (A), cellulose (C) and mixtures (M), in goose ratios 70/20 carbon material, with 10% previously treated fertilizer used as inoculum to speed up the composting process. The CIC obtained average values 33-35 Meq/100g close to those referenced in literature for fertilizers generated from chicken manure high nutritional contents of N, P, K were found; with values of 31.000–38.000 ppm of N, 2.,000 - 37,000 ppm of P 8.2 - 9.4 Cmol/Kg of K, other nutrients such as calcium had average values between 44-48 Cmol/Kg of Ca; magnesium between 1.69-2.84 Cmol/Kg, the significant differences are due to cellulose as a carbon material has lower amounts of organic matter, hence lower nutrient availability in the final product; in addition, all results have moderately alkaline pH between 7.5-8, the high calcium hydroxide content did not generate pathogenic agents for humans such as Salmonella and Enterobacter in any of the treatments; the mixture did not refer to mold and yeast growths. The final humidity is the only parameter of the treatments that did not obtain the ranges required by the NTC 5167 for its commercialization (<20%) with average values between 23-24%. The organic fertilizer that results from the treatments can be added to the agricultural soils without any problem.

**Keywords: composting, chicken manure, cellulose, sawdust, microbiology, nutrients**

## 3. Introducción

Un residuo orgánico biodegradable, es aquel residuos o producto de origen animal o vegetal utilizado como materia prima (RAE, 2019), estos residuos se descomponen. Existen técnicas que ayudan a su adecuado manejo como la compostación, en el proceso de compostaje la mezcla de diferentes tipos de residuos puede ayudar a conseguir la textura y la humedad adecuadas. La mayoría de residuos orgánicos, por su naturaleza, presentan un elevado contenido en humedad y son mezclados con otros materiales para evitar su compactación a lo largo del proceso (Barrena, 2016).

El macroconsumo y la necesidad de producir el alimento suficiente para satisfacer la población, genera altos volúmenes de residuos urbanos e industriales. El sector avícola, aunque no es el mayor productor de desechos orgánicos, sí genera desechos por medio de la excreción de las aves y el alto volumen de esta materia prima puede ser problemática ya que cualquier excreción orgánica en grandes cantidades puede tener serias consecuencias ambientales (Lon-Wo, 2003).

Autores como Cardona et al (2004) y Hoyos, Vargas y Reinaldo (2010) han evaluado el proceso de compostaje con diferentes materias primas en búsqueda de la mitigación de sus problemas y generar un recurso con valor agregado, como el caso de estudios que transforman residuos orgánicos vegetales como almidón y celulosa proveniente de plazas de mercado (Cardona et al., 2004) de los cuales se reconoce que el producto final tiene relaciones C/N de 10 a 12 y pH entre 6 y 7, que son valores bajos, pero de ellos se logra producir biogás y etanol. Hoyos, Vargas & Reinaldo (2010) sugieren ensayos con gallinaza y celulosa a diferentes relaciones de C/N y en donde se encontró, que ningún tratamiento llegó a la humedad requerida de 20% o menos, establecido por la NTC 5167 en 45 días, donde se evidencia que una mezcla con una relación alta C/N, que va de 20 a 25 al inicio del proceso, trae problemas a la hora de su adecuado degradación, donde se obtienen parámetros de calidad que no son avalados según la norma, con valores altos de pH por encima de 9,5, lo que confirma la inestabilidad del compost.

Guizado (2018) propone un procedimiento que determina la eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante montículos o “pilas” dinámicas a partir de los residuos orgánicos durante 93 días, obteniendo diferencias significativas entre sus tratamientos en los cuales se destaca el tratamiento con una relación residuos de cocina/gallinaza a una relación 75/25 y valores de pH superiores a 9; otros autores como Delgado, Mendoza & Gonzales, (2018) quienes realizaron mezclas de gallinaza con diferentes sustratos como paja, cenizas y huevo, obtuvieron una buena calidad agronómica, ya que éste no presentó concentraciones de compuestos fitotóxicos que afecten los cultivos y por lo tanto puede utilizarse como enmienda orgánica y sustrato de cultivos. Villada y Quintero (2020) presentan un sistema de compostaje mediante aireación forzada y microorganismos endógenos para la transformación de residuos orgánicos domiciliarios a mediana escala en el cual se obtiene un compost con un adecuado contenido nutricional, un rango de humedad entre el 25-30% y pH por encima de 8,5. Así este

no cumpla con los requerimientos debido a que por norma la humedad no debe sobrepasar el 20% de humedad y el pH de dichos abonos debe estar entre 7,5 y 8,5; éste tiene buen rendimiento de germinación en plantas de tomate y lechuga en proporciones suelo/abono de 75/25.

Para el caso de Colombia existen Normas Técnicas que ayudan a implementar parámetros y exigencias que deben de cumplir los productos, en este caso el compostaje, con la NTC 5167, la cual en su contenido exige algunos ensayos a los cuales se deben someter y parámetros que se deben cumplir en cuanto a enmiendas y/o abonos orgánicos provenientes de animales las cuales se ven reflejadas en la Tabla 1.

*Tabla 1 Parámetros exigidos por la NTC 5167 para abonos orgánicos con materia prima de animales*

PARAMETRO	UNIDAD	EXIGENCIA NTC 5167
pH	-	$4 < X < 9$
CARBONO ORGÁNICO	%	> 15
CENIZAS	%	< 60
HUMEDAD	%	< 20
ENTEROBACTER	UFC/g	< 1000
SALMONELLA	UFC/g	AUSENTE

Además, la norma indica que los nutrientes se deben de especificar siempre y cuando estos sean mayores al 1%.

El objetivo principal de esta investigación fue realizar un compost o abono orgánico de uso agrícola a partir mezclas de gallinaza de aves ponedoras mezclado con diferentes clases de materiales carbonados como el aserrín y la celulosa, buscando cumplir con los parámetros y características exigidas por la ley, como la NTC 5167 por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someter los productos orgánicos como abonos o acondicionadores de suelo

## **4. Metodología**

### **4.1 Área de estudio**

Con el fin de realizar una evaluación de la mezcla de gallinaza con materiales carbonados para la producción de abono orgánico de uso agrícola se tomarán datos pertenecientes a una avícola ubicada en el Oriente Antioqueño, ubicada a una altitud de 2100 m.s.n.m con una temperatura promedio anual de 17°C y una precipitación media anual de 2900mm; en donde se realizan periódicamente muestras para la evaluación de la calidad de abono a partir de gallinaza; por ello estos datos son confidenciales y tienen fin netamente académico.

#### **4.2 Mezcla de materias primas**

Los residuos orgánicos son provenientes de una granja avícola ubicada en el oriente del departamento de Antioquia, la granja cuenta con galpones de producción de alrededor de 75 mil gallinas. La gallinaza provenía de galpones tanto de producción como levante; además se incorporaron aproximadamente 500 kilos de desechos orgánicos salientes del comedor de la empresa, lo cual equivalía a aproximadamente un 2% del material para cada “pila” o montículo, también se incorporaron los huevos de descarte por daños mecánicos en el proceso de transporte y clasificación equivalentes a 1m<sup>3</sup> de huevo por “pila” o montículo.

El material carbonado procedía de carpinterías, aserríos y papeleras; dichos proveedores de materia prima poseen dificultades a la hora de manejar sus residuos de aserrín y lodo paplero. Se utilizó aserrín tipo pulverizado de diferentes especies de madera, con un tamaño promedio de partícula menor a 1 mm. El lodo paplero (celulosa) con una humedad inicial promedio de 40% y un tamaño de partícula entre los 5-10 mm, el lodo frecuentemente presenta apelmazamientos que forman porciones de tamaño considerable (mayor a 10 cm), pero éste se desintegra fácilmente. La utilización de estos materiales ayuda a reducir los desechos al final del proceso, además cuanto más pequeño es el tamaño del material al inicio, más área habrá disponible para los microorganismos y el proceso de descomposición iniciará de forma rápida (Tortosa, 2017).

La mezcla fue la parte fundamental de la investigación puesto que pretendía saber cuál de ellas otorgaría mejores características nutricionales al compost en su fase final y encaje dentro de la NTC 5167, para ello se realizaron tres tratamientos diferentes los cuales se presentan en la

Tabla 2. Porcentaje de mezcla V/V de las materias primas a compostar

Tabla 2. Porcentaje de mezcla V/V de las materias primas a compostar

TRATAMIENTO (TTO)	% (v/v) MATERIA PRIMA EN MEZCLA			
	GALINAZA	ASERRÍN	CELULOSA	SANITIZADO
ASERÍN (A)	70	20		10
CELULOSA (C)	70		20	10
MIXTURA (M)	70	10	10	10

El material sanitizado se añade como inóculo en el proceso microbiológico de compostaje con microorganismos benéficos para el proceso. El inóculo proviene de montículos anteriores de no menos de 30 días, allí ocurre la fase termófila y se eliminan posibles patógenos y semillas de malas hierbas. El material posee una biota de microorganismos mesófilos y termófilos considerable para empezar el proceso de compostación.

### 4.3 Proceso de compostaje

El sistema de compostaje consta de dos fases, llamadas sanitización y secado.

#### 4.3.1 Sanitización

La primera fase consistió de una “pila” pasiva donde se realiza la mezcla de los materiales orgánicos descritos en la

Tabla 2. Porcentaje de mezcla V/V de las materias primas a compostar. Se realiza una mezcla homogénea de las materias primas, una vez realizada la mezcla se deja la pila pasiva durante un periodo de no menos de 30 días como se ve en la Figura 1. Ilustración de la mezcla de materias primas con ayuda de maquinaria amarilla., en este periodo de tiempo el material pasa su fase termófila que por ley se exige para la comercialización de la gallinaza o pollinaza; después de 30 días se conoce este material como “sanitizado”.

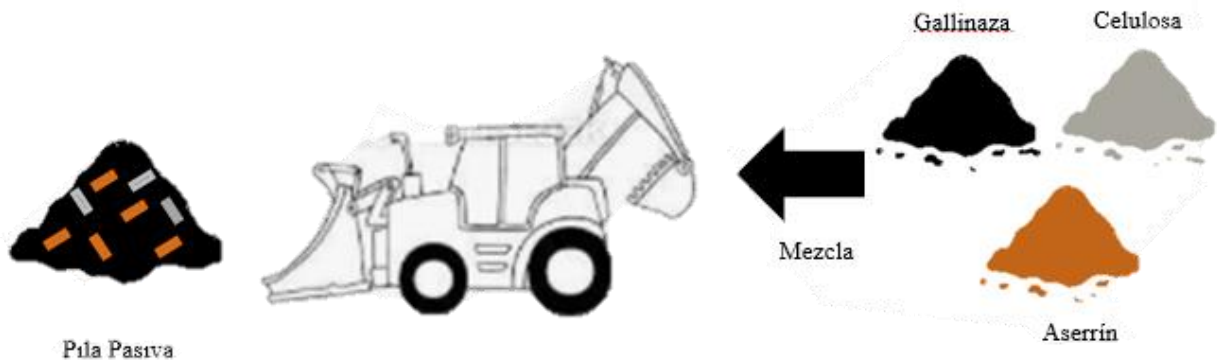
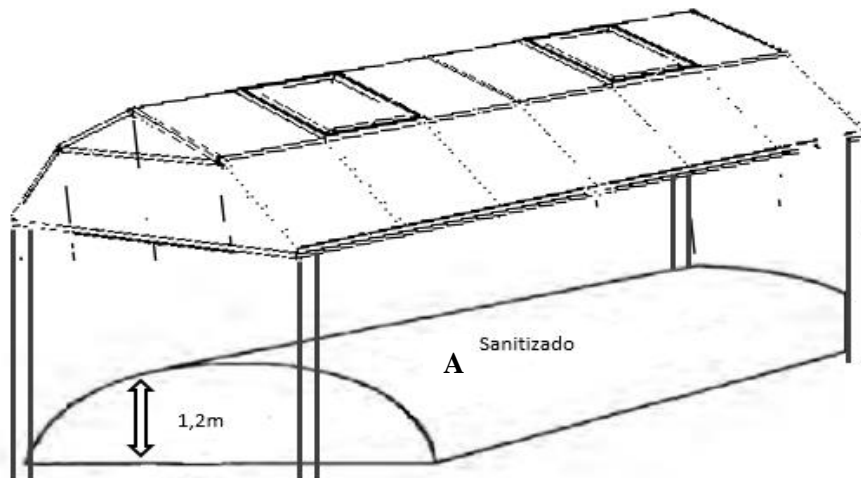


Figura 1. Ilustración de la mezcla de materias primas con ayuda de maquinaria amarilla.

### 4.3.2 Secado

La fase de secado consistió de pilas (montículos) móviles de 1.2 m de altura y 120 m de largo en las cuales se realizaron volteos dobles diarios durante 15 días continuos, con la ayuda de una maquina homogeneizadora “Backhus”, como se ve en la Figura 2 A: pila móvil con techo B: “Volteo” mecánico, el montículo no se mueve lateralmente, pero si avanza el material longitudinalmente.. Todo este proceso se realizó en cobertura o techo, lo cual evitaba el ingreso de agua lluvia, para no tener mayor humedad, ni generar lixiviaciones u olores “desagradables”, además para agilizar el proceso.



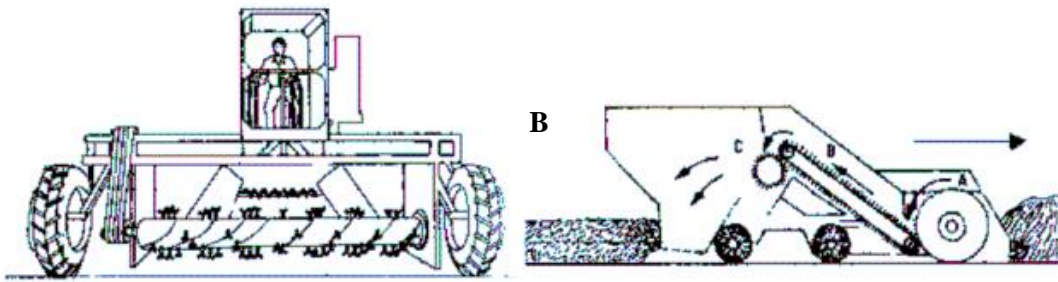


Figura 2 A: pila móvil con techo B: “Volteo” mecánico, el montículo no se mueve lateralmente, pero si avanza el material longitudinalmente.

#### 4.4 Toma de muestras y variables de respuesta

El proceso de muestreo se explica en la Figura 3.



Figura 3. Esquema de realización de muestras.

Una vez terminado el proceso de compostaje a los 45 días (30 días en montículo estático y 15 días de volteos), se procedió con la toma de muestras al azar. Se elaboró cuarteo el material terminado hasta obtener muestras representativas de un kilogramo (1Kg.), esto se repite en cada uno de los diferentes tratamientos. El proceso se realizó durante seis meses con muestreo cada dos meses. Se tomaron cuatro muestras por pila para un total de 36 muestras, las cuales se llevaron al laboratorio del Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares GIEM de la Universidad de Antioquia, laboratorio avalado para realizar estos procedimientos bromatológicos y microbiológicos.

Se analizaron las siguientes variables de respuesta: Capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, carbono orgánico (CO), conductividad eléctrica (CE), %cenizas (CEN), %humedad (H), nitrógeno(N), magnesio (Mg), fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K) y sodio (Na) además se realizaron análisis microbiológicos de mesófilos (MES), termófilos (TER), levaduras (LEV), mohos (MOH), enterobacter (ENT) y salmonella (SAL), para comparar su calidad con la norma



vigente y confirmar cual tratamiento obtuvo un producto final con características más aceptables según la norma.

#### 4.5 Diseño Experimental

Los datos fueron aleatorizados en un esquema de diseño de bloques al azar, con el factor bloque designado al bache o periodo en el que fue realizado los diferentes sustrato o tipos de “camas” y el efecto de los tratamientos asignados al tipo de “cama” empleado en tres niveles (Mixtura, Aserrín y Celulosa). Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables dependientes relacionadas a la calidad de la cama como parámetros nutricionales y microbiológicos; se utilizó el R Core Team (2021). El diseño empleado se presenta a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  es la variable dependiente

$\mu$  es la media general de la población

$\tau_i$  el efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  el efecto del j-ésimo bloque

$\epsilon_{ij}$  el error experimental.

## 5. Resultados

### 5.1 Resultados bromatológicos

Los resultados bromatológicos de nutrientes y variables físicas y químicas se muestran en la Tabla 3 donde se pueden ver los promedios de cada tratamiento.

Tabla 3. Resultados del Modelo Estadístico por Bloques al Azar y Tukey.

VARIABLE	UNIDAD	NORMA	ASERRÍN		CELULOSA		MIXTURA		ALFA
CIC	Meq/100g		33.19 ± 2.77		35.36 ± 3.83		35.72 ± 3.82		0.185
pH	-	4 < X < 9	7.46 ± 0.58	a	7.71 ± 0.42	ab	7.99 ± 0.42	b	0.0418 *
CO	%	>15%	30.29 ± 2.29	a	24 ± 3.43	b	29.90 ± 6.15	a	0.00161 *
CEN	%	< 60%	48.65 ± 16.18		39.86 ± 2.32		43.16 ± 6.69		0.126

HUM	%	< 20%	24.89 ± 6.42	23.20 ± 8.49	24.04 ± 3.36	0.818
CE	dS/m		1.41 ± 0.53	1.71 ± 1.26	1.32 ± 0.30	0.476
N	Ppm		31525 ± 8786	38158 ± 11565	32477 ± 4716	0.162
P	Ppm		31600 ± 6456	a 22575 ± 1459	b 37655 ± 10280	a 5.76e-05 *
K	Cmol/Kg		8.57 ± 1.34	8.21 ± 1.31	9.40 ± 0.98	0.0684
Ca	Cmol/Kg		48.88 ± 10.47	42.40 ± 14.28	44.69 ± 13.01	0.466
Mg	Cmol/Kg		2.33 ± 0.57	a 1.69 ± 0.38	b 2.84 ± 0.47	c 1.03e-05 *
Na	Cmol/Kg		1.19 ± 0.22	ab 1.02 ± 0.15	a 1.38 ± 0.19	b 0.000311 *

De los 12 parámetros bromatológicos evaluados, cinco de ellos resultaron con diferencias significativas según su análisis ANOVA, los cuales son: pH, carbono orgánico (CO), fósforo (P), magnesio (Mg) y sodio (Na). Los demás parámetros no evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos los cuales son: CIC, conductividad eléctrica, nitrógeno, cenizas, calcio, potasio y humedad.

Un aspecto relevante que se encontró fue el alto contenido de nitrógeno orgánico, fósforo y potasio, los tres elementos primordiales para el desarrollo de las plantas que por literatura se denota un contenido con valores de referencia para el potasio entre 0,3-0,8 Cmol/kg suelo, el fósforo entre 20-50 mg/Kg (ppm) suelo y nitrógeno entre 30-150ppm; dependiendo del estado fenológico y la especie vegetal (Osorio, 2015); el resultado del ensayo muestra valores superiores a los anteriormente mencionados por lo que se puede afirmar que los tres tratamientos realizados cuentan con un contenido de nutrientes significativo, a nivel nutricional el nitrógeno cuenta con valores por encima de las 30.000 ppm en los tres tratamientos, resultado que ha de esperarse por que la fuente principal del abono es la gallinaza, materia prima con alto contenido de amoníaco.

*Tabla 4 rangos ideales de algunos nutrientes en el suelo ((FAO, 2015) & Osorio (2015))*

NUTRIENTES	Cmol/kg
Potasio (K)	0,3-0,8
Calcio (Ca)	3,0-9,0
Magnesio (Mg)	1,0-3,0
Sodio (Na)	>0,1
Fósforo (P) ppm	20-50
Nitrógeno (N)ppm	30-150

El carbono orgánico (CO) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008), el %CO debe ser mayor al 15% según la NTC 5167, los tratamientos muestran valores promedios entre el 24-30% asociado a la materia orgánica del sustrato que proporciona coloides de alta Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC); la CIC es una medida indirecta de la fertilidad y de la cantidad de nutrientes disponibles que se encuentran en el suelo, como Na, Mg, Ca, K, NH<sub>4</sub>, etc. (Arévalo & Gaggel, 2014), según Pelaez (2007) se pueden considerar tres tipos de abonos según su contenido de carbono orgánico y porcentaje de cenizas : 1) materiales con alto contenido de cenizas y bajo carbono orgánico, 2) con valores medios de cenizas y carbono orgánico y 3) con bajo contenido de cenizas y alto carbono orgánico, igualmente al aumentar el CO aumenta la CIC, para los tratamientos realizados ninguno tuvo valores superiores al 60% respecto a las cenizas como lo exige la NTC 5167 y muestra una buena cantidad de CO esto hace referencia de la disponibilidad de nutrientes en el sustrato; en el ensayo se obtuvieron valores por encima de los referenciados en la literatura ver Tabla 4 para suelos provenientes del trópico, lo cual indica que el abono obtenido puede ser de gran utilidad para aplicar en dichas zonas, que fortalece y añade nutrientes al suelo que no se han de lavar fácilmente por medio de la infiltración por futuras lluvias (FAO, 2015).

El sustrato obtenido contó con pH moderadamente alcalino, con valores de promedio entre 7,5-8; resultado que es avalado por norma NTC 5167, valor que encaja en el rango de aceptabilidad para abonos orgánicos con materia prima proveniente de animales, siendo de gran utilidad en los suelos en las áreas dominadas por suelos ácidos; por otro lado la humedad del producto final fue muy fluctuante, sobre todo su desviación estándar, de resaltar que el 33% de las muestras lograron la humedad final de igual o menor al 20% exigido por la norma.

La conductividad mide de manera indirecta las sales presentes en el suelo o sustrato, esta se mide en dS/m, valores por encima de 2 pueden ocasionar alteraciones en cultivos sensibles a las sales presentes en el medio (Gallart, 2017) los valores para este ensayo registraron valores por debajo de 2 dS/m, por lo que no afectaría el rendimiento de los cultivos que se quieren abonar.

## 5.2 Resultados microbiológicos

De los parámetros microbiológicos solo dos de ellos mostraron diferencias significativas correspondientes a los mohos y levaduras como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5 resultados microbiológicos comparando con NTC 5167.

PARAMETRO	UNIDAD	NORMA	A	C	M	ALFA
MES	UFC/g		7139167 ± 8475383	1336983 ± 3388637	6997222 ± 10562126	0.141
TER	UFC/g		507416 ± 1105396	120000 ± 135884	344722 ± 473024,78	0.387
MOH	UFC/g		1250 ± 621.58	a 800 ± 845.31	a 0 ± 0.00	b 2.09e-05*
LEV	UFC/g		991.6 ± 674.8	a 733.3 ± 706.2	a 0.0 ± 0.00	b 5.38e-05*
ENTER	UFC/g	<1000	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	-
SAL	UFC/g	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	-

La aplicación del compost sin tratar o tratado inadecuadamente representa un peligro para el medio ambiente y para la salud pública según la norma ICA 150 del 2003 , debido al movimiento y supervivencia en el suelo de bacterias patógenas presentes en estos biofertilizantes tales como: *Salmonella* y *Enterobacter* que por NTC 5167 deben estar ausentes en el compost para su comercialización, por ende el compost resultante de este procedimiento es avalado para su comercialización debido a la ausencia de agentes patógenos en las pruebas de laboratorio.

Durante el proceso de compostaje, se presentan complejas sucesiones de poblaciones de microbianas capaces de degradar o descomponer una materia orgánica; Los microorganismos mesófilos son más eficaces para la descomponer la materia orgánica pero las temperaturas más altas facilitan la eliminación de potenciales patógenos vegetales y animales, además de la muerte de semillas de malas hierbas que podrían ser perjudiciales en el uso posterior del producto final. La adición de compost al suelo introduce una alta variedad de microorganismos comprometidos en el ciclo de diferentes nutrientes y en procesos de biocontrol de fitopatógenos (Laich, 2011). Asimismo, cabe destacar el rol que cumple agregar abono en la recuperación de suelos, cuya microbiota ha sido afectada por la adición permanente de determinados compuestos para la obtención de grandes cosechas (Arango, 2017) lo que paulatinamente va dañando la calidad del suelo. En este caso el abono orgánico contribuye en la reincorporación de microorganismos necesarios para mantener los niveles requeridos para los diferentes estados fenológicos.

## **6. Discusión**

Para realizar la discusión y en análisis de los resultados se separan en tres subgrupos los cuales son nutrientes, variables físicas y químicas y análisis microbiológico.

### **6.1 Nutrientes**

Las plantas toman los nutrientes del suelo, el agua y el aire (en menor proporción), con la finalidad de completar su ciclo de vida, así es como la agricultura ha evolucionado para intentar alcanzar rendimientos cercanos a los máximos posibles que se logra mediante la formulación y aplicación de nutrientes específicos según cada cultivo (Pereira et al., 2011); Castellanos & Pratt, (1981) muestran caracterización de nutrientes de la gallinaza con contenidos de fósforo de 30,800 ppm y nitrógeno de 34,000 ppm , el abono obtenido a partir del ensayo de mezclas de gallinaza con aserrín y celulosa mostraron altos contenidos de nutrientes, sobre todo en nitrógeno, fosforo y calcio, esto se debe a que la principal materia prima es la gallinaza y que todo el material que se desecha en el proceso de recolección y clasificación del huevo también va a la compostera, además la cáscara del huevo tiene altas cantidades de hidróxido de calcio (Hermida, 2018); la diferencia en la cantidad de fósforo y de CO se debe quizá a que el tratamiento con mezcla de celulosa tiene menos materia orgánica que el aserrín o la mixtura debido que es una materia prima ya procesada por la industria papelera, cosa que resultará afectando el producto final, sin embargo, el tratamiento tiene niveles de nutrientes óptimos para su aplicación en campo.

El sodio y el magnesio mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo más bajo el de la celulosa, Martínez & Rivero (2007) determinan nutrientes en el celulosa aplicada a suelos agrícolas en Venezuela, donde obtuvieron valores de referencia para magnesio de 2,2 Cmol/kg suelo y para Sodio de 0,35 Cmol/kg suelo, en la evaluación realizada se alcanzó valores de Magnesio cercanos al descrito anteriormente pero esta vez en la mezcla con Aserrín + Gallinaza, mas bajos de 1,69 Cmol/kg suelo en Celulosa + Gallinaza, y se supera relativamente en la Mixtura con valores promedios de 2,84 Cmol/kg suelo, esto se explica porque no todos los lotes de aserrín y celulosa presentan la misma calidad, el aserrín pulverizado proviene de diferentes especies de madera, como eucalipto, pino y/o endémicas; por otra parte, la humedad inicial de la celulosa no siempre fué la misma porque depende de muchos factores para la

conservacion de sus propiedades iniciales como almacenamiento, transporte, filtraciones de humedad y tamaño inicial de la particula de celulosa (ideal entre 2-5 mm), ya que en ocasiones se apelmaza y dificulta su mezcla homegenea en la fase inicial.

## **6.2 Variables físicas y químicas**

El pH no varió mucho, su desviacion estandar no es tan grande, pero existen diferencias significativas en donde se muestra que el tratamiento de Aserrín + Gallinaza neutraliza más el amoniaco, disminuye el pH del sustrato a un valor moderadamente basico de 7,46. Todos los tratamientos tienen valores promedios menores o iguales a 8 unidades de pH avalados por NTC 5167 para su comercialización. La celulosa no cumple las mismas funciones que el aserrín al tratarse de una materia prima que no es puramente orgánica y tener un proceso quimico anterior a su mezcla; sin embargo mostró valores aceptables comparándolo con los ensayos de Martinez & Rivero (2007) donde se obtuvieron valores de pH al aplicar celulosa para uso agrícola más alcalinos de 8,4. La CIC es mas baja comparado con ensayos como el de Villada & Quintero (2020) donde se obtienen valores de CIC mayores de 100 meq/100gr suelo, esto se puede deber a que estos autors emplearon el mayor proporcion los residuos netamente de cocina o diiciliarios, los cuales tienen mayor diversidad de materias primas las cuales proveen diferentes clases de nutrientes, aunque tambien se añadieron residuos organicos a la mezcla de gallinaza estos no conforman una parte significativa de la mezcla. Por otro lado encontramos que el abono realizado tiene porcentajes mayormente de gallinaza del 70% para todos los tratamientos. Finiquitando la humedad es el único parametro evaluado que no cumplió con la normatividad colombiana para su comercialización; sin embargo 12 de las 36 muestras realizadas obtuvieron humedades menores o iguales al 20%; la mayor desviacion la tuvo el aserrín, esto se debe a las diferentes clases de aserrin que se utilizó en las mezclas iniciales del compost; por otra parte la celulosa y la mixtura tuvieron desviaciones menores debido a que son materias primas mas homogeneas, lo que indica la necesidad de estandarizar las materias primas para la obtencion de datos y productos más acordes a la normatividad. Para obtener un resultado mas favorable en el porcentaje de humedad se deberían realizar mas “volteos” o dejar reporsar el material por un par de dias en un sitio apto para su almacenamiento, que evite ganancias de humedad para que asi cumpla con todos los requerimientos de la ley.

### 6.3 Análisis Microbiológico

Grupos de microorganismos como los mesófilos, termófilos, mohos y levaduras conforman poblaciones mixtas que degradan la materia orgánica. El crecimiento de microorganismos depende también de la influencia del medio ambiente porque de allí se puede explicar cómo se distribuyen, se controlan y se aumentan (Arango, 2017). Los parámetros más importantes para su crecimiento de microorganismos son: temperatura, oxígeno, humedad, pH y composición del sustrato. Para el caso específico del ensayo se mostraron diferencias significativas en los parámetros de mohos y levaduras, quizá la mixtura entre la Gallinaza+Aserrín+Celulosa en las últimas fases de secado presenta cambios fuertes de pH lo cual hace que su nivel de mohos y levaduras baje, como se refieren Castrillón, Bedoya, & Montoya (2012) en donde concluyen que los cambios drásticos de pH hacen que tanto los mohos y las levaduras disminuyan, lo que puede resultar en la desaparición de estas especies microbianas, para el caso de esta investigación, no se encontraron microorganismos potencialmente patógenos para las personas y los animales, ni para plantas, por lo cual se pudo llegar a un abono orgánico estable y con posibilidades de usos agrícola.

## 7. Conclusiones

- 7.1 Se describió el proceso y método de compostaje para la gallinaza con mezclas de aserrín y celulosa en 45 días, con una relación gallinaza/material carbonado 70/20 en donde se asegura un adecuado manejo y aceleró el proceso de compostación.
- 7.2 Se identificaron altos contenidos en el producto final de N, P promedio de 30.000 ppm y Ca por encima de los 40 Cmol/kg con pH promedio entre 7.5 y 8.
- 7.3 No se presentaron agentes patógenos como *Salmonella* y *Enterobacter* en ninguno de los tratamientos, que ofrecieran riesgos de salubridad.
- 7.4 Se comparó las variables de respuesta de los tratamientos en donde se encontraron diferencias significativas, sin embargo, todos los valores promedios están dentro del rango de la NTC 5167, por lo que el aserrín, celulosa y mixtura proveen un abono con características similares teniendo muy pocas variaciones en sus resultados.

## 8. Recomendaciones

Se recomienda el uso tanto del aserrín como el de la celulosa en la compostación de gallinaza, un aspecto fundamental es evitar ganancias de humedad, por lo cual se debe realizar el procedimiento bajo cobertura que impidan el ingreso del agua y ganancia de humedad que afectarían el tiempo y la calidad del producto final y generarían más olores ofensivos además el aumento de volteos reduce el tiempo de secado. Según la investigación el abono producido sería de gran ayuda en cultivos con altas necesidades de nitrógeno, fósforo y calcio.

Para la utilización de algún tipo de material carbonado como aserrín o celulosa, se debe tener en cuenta disponibilidad en la zona de dichos materiales, ya que el costo de los fletes pueden encarecer el proceso, por ejemplo el costo de 28m<sup>3</sup> de aserrín incluyendo el flete puede costar alrededor de \$1.500.000 pesos colombianos para el año 2021, y se consigue en carpinterías y aserríos de la región; por su parte la celulosa aunque es donada por las empresas productoras de papel, el flete puede costar alrededor de \$1.000.000, ya que se transporta desde Medellín hacia el oriente antioqueño, y se debe evitar humedecimiento apelmazamiento,

Ambos materiales (aserrín y celulosa), requieren ser almacenados en áreas de óptimas, evitando ganancia de humedad.

## 9. Bibliografía

Arango, M. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*.

Arévalo, G., & Gaggel. (2014). *Manual de prácticas. curso de manejo de suelos y nutrición Vegetal. Honduras*.

Barrena, Raquel. (2016). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el proceso*.

Cardona, Carlos Ariel., Sanchez, Oscar Julián., Ramírez, Julian., Alzate, Luis.(2004). Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado.

Castellanos, A., & Pratt, P. (1981). *Mineralization of Manure Nitrogen-Correlation with Laboratory Indexes*.



- Castrillón, O., Bedoya, O., & Montoya, D. (2012). *Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost.*
- Delgado Arroyo, M. d., Mendoza López, K., & Gonzales, M. I. (2018). *Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando.*
- FAO. (2015). *Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-desuelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>*
- FAO. (2015). *Cadenas agroalimentarias.*
- FAO. (2015). *Manual del compostaje para el Agricultor.*
- Gallart, F. (2017). *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia.*
- Guizado, (2018) *Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión.*
- Hermida, A. (29 de 05 de 2018). *ALIMENTE. Obtenido de [https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2018-05-29/cascara-de-huevos-triturada-huevos-complemento\\_1570857/](https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2018-05-29/cascara-de-huevos-triturada-huevos-complemento_1570857/)*
- Hoyos, J. L., Vargas, C., & Reinaldo, V. (2010). *Evaluación compost obtenido de pila móvil empleando mezclas de gallinaza de jaula con material celulósico.*
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA (2003). *RESOLUCION 150*
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS ICONTEC (2004). *NTC 5167*
- Laich, F. (2011). *El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje.*
- Lon-Wo, E. (2003). *La Producción Avícola Y La Contaminación.*
- Martínez, E., Fuentes, J., & Acevedo, E. (2008). *Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. scielo,*
- Martínez, Y., & Rivero, C. (2007). *Efecto del uso de lodos de papel sobre N, P y K en dos suelos de importancia agrícola en la cuenca del lago Valencia.*
- Osorio, W. (2015). *Manejo de Nutrientes en Suelos del trópico.*
- Peláez, C. (2007). *Correlación de Parámetros Físico Químicas y Microbiológicas en el Compost. Seminario nutrición vegetal “Interacción entre materia orgánica, minerales y microorganismos para la disponibilidad de iones en el suelo”.*
- Pereira Morales, C. A., Maycote Morales, C. A., & Restrepo, B. E. (2011). *Sistemas De Producción Vegetal Ii. Caldas Colombia.*
- RAE. (2019). *Diccionario de la Real Academia Española.*

RStudio Team (2021). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC, Boston, MA  
URL <http://www.rstudio.com/>.

Tortosa, G. (2017). *El tamaño de partícula y homogeneización de residuos es fundamental para el compostaje*. *Compostando Ciencia*.

Villada, Luis., Quintero, Jose. (2020) *Evaluación De Un Sistema De Compostaje Mediante Aireación Forzada Y El Microorganismo Endógeno Bacillus Subtilis Para La Transformación De Residuos Orgánicos Domiciliarios, Como Mejora A Los Sistemas De Gestión Ambiental*.