

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE DE POLLINAZA FRESCA Y  
OTROS MATERIALES ORGÁNICOS GENERADOS EN EL PÁRAMO DE  
BERLÍN**

**ANGÉLICA MARÍA HERNÁNDEZ GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE DE POLLINAZA FRESCA Y  
OTROS MATERIALES ORGÁNICOS GENERADOS EN EL PÁRAMO DE  
BERLÍN**

**ANGÉLICA MARÍA HERNÁNDEZ GÓMEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**DIRECTOR**

**EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA**

**M.Sc. en Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2017**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	12
1. MARCO DE REFERENCIA.....	14
1.1 PROCESO DE COMPOSTAJE .....	14
1.1.1 Fase de latencia (mesofílica) .....	14
1.1.2 Fase activa (termofílica).....	14
1.1.3 Fase de estabilización .....	15
1.1.4 Fase de maduración .....	15
1.2 PARÁMETROS.....	16
2. ESTADO DEL ARTE.....	19
2.1 COMPOSTAJE DE POLLINAZA.....	19
2.2 COMPOSTAJE DE POLLINAZA Y OTROS SUSTRATOS.....	19
2.2.1 Zeolita natural .....	20
2.2.2 Paja de trigo.....	20
2.2.3 Biocarbón.....	20
2.2.4 Paja de arroz.....	21
2.2.5 Tusas, aserrín y virutas de madera.....	21
2.2.6 Fracción orgánica de residuos sólidos municipales (FOROS) .....	22
3. METODOLOGÍA .....	24
3.1. CASO DE ESTUDIO .....	24
3.2 DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES .....	24
3.3 TRATAMIENTOS.....	25
3.4 ÁREA EXPERIMENTAL .....	26

3.5 RECOLECCIÓN DE MATERIALES .....	26
3.6 MONTAJE Y MONITOREO DEL PROCESO.....	27
3.7 SEGUIMIENTO DE ESTABILIDAD Y MADUREZ DEL MATERIAL EN PROCESO.....	28
3.7.1 Prueba de germinación .....	28
3.7.2 Prueba de estabilidad .....	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
4.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	31
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS Y LOS TRATAMIENTOS USADOS.....	33
4.3 ANÁLISIS DEL PROCESO.....	35
4.3.1 Humedad .....	35
4.3.2 pH .....	36
4.3.3 Conductividad eléctrica (CE).....	36
4.3.4 Temperatura .....	37
4.3.5 Aireación .....	38
4.4. ANÁLISIS DE MADUREZ Y ESTABILIDAD.....	39
4.4.1 Prueba de germinación .....	39
4.4.2 Prueba de estabilidad .....	40
5. CONCLUSIONES .....	41
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	59

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Distribución de temperatura dentro de las pila. [9].....	15
Figura 2 Curva típica de temperatura. [10] .....	16
Figura 3 Fotografías cultivos de cebolla en Berlín, Santander .....	24
Figura 4 Fotografías área experimental .....	26
Figura 5 Pila cónica tratamiento A .....	27
Figura 6 Equipos usados para realizar mediciones de humedad, pH y conductividad .....	28
Figura 7 Cajas Petri utilizadas en la prueba .....	29
Figura 8. Dispositivo de medición del grado de madurez RM82 .....	30
Figura 9 Valores de pH para los Tratamientos A y B .....	36
Figura 10 Evolución de la temperatura en los Tratamientos A y B .....	38
Figura 11. Prueba de germinación TA, TB y Testigo .....	40

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Descripción de parámetros fisicoquímicos del compostaje.....	16
Tabla 2 Características de materiales compostados con pollinaza.....	23
Tabla 3 Parámetros fisicoquímicos para la pollinaza según diferentes autores....	32
Tabla 4 Parámetros fisicoquímicos de los sustratos .....	33
Tabla 5 Resultados prueba de olor, color, IG y CE (día 39) .....	40

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Resultados de la prueba realizada a la pollinaza con el equipo RM 82..	59
Anexo B. Informe de resultados de las muestras de pollinaza y residuos de cebolla con diferentes periodos de degradación.....	62
Anexo C. Informe de resultados de las muestras de estiércol ovino fresco y antiguo, estiércol bovino fresco y antiguo, residuos orgánicos y residuos de papa.....	68
Anexo D. Balance de masa realizado con valores teóricos. ....	72
Anexo E. Disposición de las pilas en el área experimental. ....	74
Anexo F. Planillas de registros del monitoreo de las pilas. ....	75

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DEL PROCESO DEL COMPOSTAJE DE POLLINAZA FRESCA Y OTROS MATERIALES ORGÁNICOS GENERADOS EN EL PÁRAMO DE BERLÍN\*

**AUTOR:** ANGÉLICA MARÍA HERNÁNDEZ GÓMEZ\*\*

**PALABRAS CLAVE:** páramo, cebolla junca, compostaje, pollinaza.

El páramo de Berlín es un ecosistema estratégico que requiere ser conservado por los distintos beneficios que brinda a las comunidades de Santander y Norte de Santander. La agricultura es una de las principales actividades económicas en el páramo, siendo el cultivo de la cebolla junca el producto del que derivan su sustento la población. En este cultivo, los agricultores utilizan como material fertilizante la pollinaza inestable generando posibles afectaciones en el suelo y el agua. El compostaje es un proceso de estabilización de la materia orgánica, siendo una opción económica y factible, que puede ser una alternativa importante para tratar la pollinaza previo a su aplicación al cultivo de la cebolla junca. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es la evaluación del proceso de compostaje de pollinaza con otros materiales orgánicos disponibles localmente. El alcance del estudio, contempla el análisis de las fases mesofílica, termofílica y de enfriamiento del proceso de compostaje, analizando la estabilidad y madurez del material procesado. Se conformaron dos tratamientos, el tratamiento A compuesto por 43% de pollinaza, 41% de residuos de alimentos crudos y 18% de aserrín y el tratamiento B compuesto por 52% de pollinaza, 32% de residuos de cebolla y 16% de aserrín. La evaluación del proceso mostró semejanzas en ambos tratamientos, el incremento de temperatura se dio dos días después del inicio del proceso, la fase termofílica duró 17 días y la fase de enfriamiento inicio por igual. Las pruebas de madurez, demostraron que el tratamiento A tiene menos efectos fitotóxicos y una mejor condición de estabilización de la materia orgánica.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad De Ingenierias Físico-Mecánicas Escuela De Ingeniería Civil Director Edgar Ricardo Oviedo Ocaña M.Sc. en Ingeniería Civil

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF THE PROCESS OF FRESH POLLINAZA COMPOSTING AND OTHER ORGANIC MATERIALS GENERATED IN THE BERLIN PARK \*

**AUTHOR:** ANGÉLICA MARÍA HERNÁNDEZ GÓMEZ\*\*

**KEYWORDS:** Paramo, Green Onion, Composting process, poultry litter

The Berlin paramo is a strategic ecosystem that required to be preserved for the different benefits it provides to the communities of Santander and Norte de Santander. The agriculture is one of the main economic activities in the Berlin paramo, where the Green onion crop is the livelihood product of the population. In these crops, the farmers use unstable poultry litter as fertilizer, generating possible damages in soil and water. Composting is a process of stabilization of organic matter, being an economical and feasible alternative; it can be an important alternative to treat the poultry litter previous to its application to the cultivation of green onion. Therefore, the objective of this project is to evaluate the poultry litter composting process with other locally available organic materials. The scope of the study contemplates the analysis of the mesophilic, thermophilic and cooling phases of the composition process, analyzing the stability and maturity of the processed material. Two treatments were formed, the treatment A composed by 43% of poultry litter, 41% of raw food residues and 18% of sawdust and treatment B composed by 52% of poultry litter, 32% of onion residues and 16% of sawdust. The evaluation of the process showed similarities in both treatments; the temperature increase occurred two days after the beginning of the process, the thermophilic phase lasted 17 days and the cooling phase began at the same time. Maturity tests showed that treatment A has less phytotoxic effects and better condition of stabilization of organic matter than treatment B.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Mechanical-Mechanical Engineering School of Civil Engineering Director Edgar Ricardo Oviedo Ocaña M.Sc. in Civil Engineering

## INTRODUCCIÓN

El páramo es uno de los ecosistemas del planeta menos conocidos y más importantes, se encuentran en las altas montañas tropicales del mundo [1]; su clima está caracterizado por una baja temperatura anual promedio (12°C al medio día) [2]. Colombia tiene el 49% de los páramos del mundo, los cuales proveen agua al 70% de la población del país [3] y se encuentran distribuidos en la Sierra de Santa Marta y en las cordilleras oriental y central, con unas islas muy pequeñas en la cordillera occidental, ocupando alrededor de 1.405.765 hectáreas [1].

El páramo de Berlín está ubicado al norte de la cordillera oriental de Colombia, tiene una altura mínima de 2.200 metros y máxima de 4.100 metros [4], es considerado un ecosistema regional compartido de vital importancia, por lo cual se hace necesaria su conservación y protección. Este ecosistema se encuentra amenazado por la expansión de actividades agrícolas, ganaderas y mineras, por lo tanto, la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR) trabajan juntas con el propósito de recuperar, conservar y preservar el páramo de Berlín [5]. Para tal efecto, desarrollaron un plan de manejo junto con entes territoriales, actores sociales y económicos, institutos de investigación, universidades y organizaciones sociales, que comparten e interactúan en el territorio del Páramo de Berlín. El ordenamiento del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables del Páramo de Berlín DMI, propone un manera integral sobre los recursos suelo, agua, flora, fauna, aire y sobre las actividades socioeconómicas que la población del área adelanta, para que su desarrollo sea sostenible [4].

Los habitantes del páramo de Berlín dependen principalmente de actividades agropecuarias para su subsistencia. La mayoría de la población tienen cultivos de

cebolla junca, que por las condiciones de páramo se produce en gran cantidad, cerca de 560 hectáreas son dedicadas a esta práctica [5]. Actualmente se utiliza como fertilizantes orgánicos, la pollinaza inestable (estiércol de pollo más cama) y fertilizantes químicos en los cultivos, lo cual podría generar impactos ambientales en el suelo y del agua. Adicionalmente la disposición inapropiada a cielo abierto de los residuos pos-cosecha, se suma al deterioro en el ecosistema. Con el propósito de determinar el grado de estabilidad a la pollinaza utilizada por los agricultores en el páramo de Berlín, se realizó una prueba que demostró que es un producto inestable y aún se encuentra en estado de descomposición en el momento que es aplicada en los cultivos (Ver ANEXO A).

La CDMB como ente regional encargado del manejo ambiental del páramo manifestó preocupación por la situación que se presenta actualmente, y con el propósito de solucionar el inconveniente presentado, destinó recursos físicos y financieros para desarrollar proyectos de investigación que contribuyen a la búsqueda de soluciones que permitan prácticas agrícolas sostenibles y que no afecten el bienestar del páramo.

Con el fin de mitigar el impacto ambiental generado por el uso inapropiado de la pollinaza inestable en el cultivo de cebolla en el páramo de Berlín, en este trabajo se evaluó el proceso de compostaje de pollinaza con materiales seleccionados en sus fases mesofílica, termofílica y de enfriamiento, asimismo se realizó un análisis de estabilidad y madurez del material en proceso, con el propósito de establecer el estado de degradación de la materia orgánica después de las fases mencionadas.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

### 1.1 PROCESO DE COMPOSTAJE

El compostaje es la descomposición y estabilización biológica de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termofílicas, obteniendo finalmente un producto estable, libre de patógenos y apto para plantar semillas. Este proceso también tiene la capacidad de destruir plagas, maleza, insectos y huevos de insectos [6]. Las fases del proceso de compostaje se describen acorde con Kreith & Tchobanoglous [7]:

**1.1.1 Fase de latencia (mesofílica)** Es el periodo de adaptación de los microorganismos presentes en los residuos. Comienza la descomposición de residuos para liberar nutrientes. Se ha demostrado que el número de organismos mesofílicos en el sustrato original es tres veces más elevado que el número de organismos termofílicos, pero la actividad de los primeros descomponedores conlleva al incremento de temperatura [8].

**1.1.2 Fase activa (termofílica)** La transición de la fase de latencia a la fase activa es marcada por un crecimiento exponencial en la población y actividad microbiana. Esta actividad es manifestada por el rápido y constante incremento en la temperatura de la masa de compostaje. El aumento continúa hasta que la materia fácil de descomponer sigue siendo suficientemente grande para soportar la expansión microbiana y su intensa actividad. La temperatura máxima en esta fase puede superar los 70°C y debe ser controlada, para evitar afectación de la comunidad microbiológica que interviene en el proceso. Sin embargo, estos niveles de temperatura son propicios para higienizar el material de microorganismos

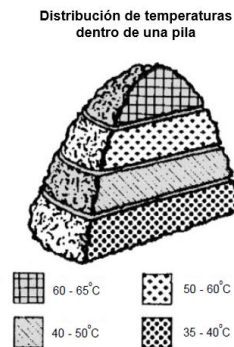
patógenos [7]. En la Figura 1 se observa la variación de temperaturas en una pila de compostaje [9].

**1.1.3 Fase de estabilización** También es llamada por los autores Diaz et al. [8], segunda fase mesofílica, se caracteriza por el incremento de microorganismos que degradan almidones y celulosas, entre ellos están las bacterias y los hongos. Este periodo puede ser tan corto como para durar pocos días o si la concentración de la materia es alta puede un par de semanas.

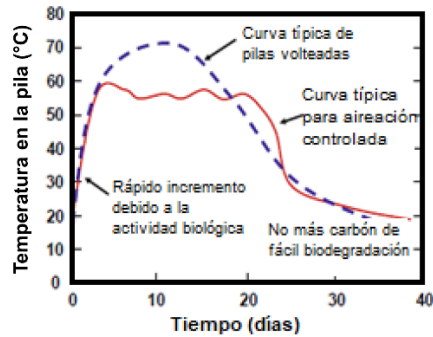
**1.1.4 Fase de maduración** Finalmente, la materia fácil de descomponer se agota y empieza la etapa de maduración. La temperatura presenta una caída inevitable hasta llegar a temperatura ambiente.

En la Figura 2 se aprecia el comportamiento típico de la temperatura en el proceso de compostaje según Hubbe et al. [10].

**Figura 1. Distribución de temperatura dentro de las pila. [9]**



**Figura 2 Curva típica de temperatura. [10]**



## 1.2 PARÁMETROS

Los microorganismos son esenciales en la descomposición de la materia orgánica y su actividad está directamente relacionada con la evolución de proceso de compostaje. La evolución y la velocidad del proceso están relacionada con factores que influyen en las condiciones de vida microbiana (microbiológica). El proceso de compostaje debe mantenerse bajo óptimas condiciones de operación y condiciones ambientales [11]. La Tabla 1 presenta una descripción general de los parámetros fisicoquímicos del compostaje.

**Tabla 1 Descripción de parámetros fisicoquímicos del compostaje**

Parámetro	Definición
<b>Humedad</b>	El agua es un elemento esencial para toda actividad microbológica desarrollada en el proceso de compostaje, es indispensable para el intercambio de nutrientes y es un medio donde todas las reacciones tienen lugar. Los valores óptimos para el contenido de humedad de la materia prima pueden variar entre el 40% y 60% [11]. Según Iqbal et al. [12], el nivel de humedad más favorable para la biodegradación de diferentes mezclas de materiales varía entre 50% y 70%. Toda actividad biológica cesa cuando se presentan contenidos de humedad menores que 12%, entre más

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>
	cercano esté la humedad a ese nivel, menor va a ser la intensidad de la actividad biológica [7].
<b>Concentración de oxígeno</b>	Bajo condiciones aerobias, la degradación biológica de sustratos ricos en carbono orgánico puede ser caracterizada por el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono, agua y calor. La concentración de oxígeno varía desde 15 a 20% [13]. Cuando el nivel de oxígeno está debajo de ese rango las condiciones anaerobias empiezan a sobrepasar las aerobias [8]. El mantenimiento de la adecuada concentración de oxígeno en el material usado es conseguido variando la frecuencia de volteos [11].
<b>Temperatura</b>	La temperatura de la biomasa es el parámetro del proceso de compostaje que más se utiliza gracias a que describe la evolución y estado del proceso. Esencialmente, la temperatura indica la actividad microbiológica en la masa de compostaje. Logrando determinados rangos de temperatura también se asegura una adecuada destrucción de organismos patógenos. Se sugiere que la temperatura en la etapa termofílica no alcance valores mayores a 70 °C ya que puede ser letal para algunas comunidades de bacterias. Con el fin de prevenir temperaturas que se excedan del rango óptimo (55 a 60 °C) se deben realizar volteos a las pilas o airear de forma mecánica. En algunos casos, el decremento en la temperatura de la pila puede ser un indicador de escasez de oxígeno [11].
<b>Relación Carbono-Nitrógeno C/N</b>	Los dos nutrientes más importantes para el crecimiento y la actividad microbiológica que afectan el proceso de compostaje son el nitrógeno y el carbono [14]. La insuficiencia de cualquiera de esos nutrientes es un factor limitante para la actividad microbiológica. Los microorganismos heterotróficos usan el carbono como fuente de energía y necesitan el nitrógeno para sintetizar proteínas y realizar sus funciones metabólicas [11]. Un valor recomendado de C/N en el material al iniciar el proceso es de entre 25-30. Si la relación C/N es muy alta, la actividad biológica disminuye lo cual hace el proceso más lento [8] y si ésta relación es muy baja, habrá liberación de amoníaco [14]. Por lo tanto, la relación C/N es un indicador del grado de descomposición de la materia orgánica; debido a que el carbono es expulsado en forma de

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>
	CO <sub>2</sub> [15]. La relación C/N decrece durante el proceso de compostaje, esto ocurre debido a que la tasa de mineralización de nitrógeno orgánico es más baja que la de carbono orgánico [16]. Los materiales de enmienda o de soporte pueden ser usados para ajustar las relaciones de C/N al inicio del proceso [17].
<b>pH</b>	Generalmente, la materia orgánica con un amplio rango de pH (desde 3 a 11) puede ser compostada. Sin embargo, los valores óptimos son entre 5.5 y 8. Mientras que las bacterias prefieren un pH próximo al neutral, los hongos se desarrollan mejor en ambientes bastante ácidos [18].

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 COMPOSTAJE DE POLLINAZA

La pollinaza es una mezcla de excreta, plumas y material utilizado como cama [19]. El compostaje de la pollinaza es un método alternativo favorable para el manejo de los residuos debido a la inmovilización de nutrientes y reducción del volumen de residuos. El compost es más seguro debido a la reducción de patógenos y es más fácil de manejar, almacenar, transportar y aplicar que los residuos orgánicos que aquellos materiales que no son compostados [20]. Los residuos de animales crudos frecuentemente contienen microbios peligrosos, incluyendo bacterias patogénicas de *Salmonella* y *Escherichia coli*, y varios químicos orgánicos e inorgánicos como hormonas, antibióticos, pesticidas y algunas veces metales pesados [21]. Frecuentemente, los agricultores usan la excreta de aves como fertilizante orgánico en la agricultura sin un tratamiento preliminar. Por consiguiente, una gran emisión de gases nocivos es liberada en la atmosfera (gases causantes del efecto invernadero), la pérdida de nitrógeno es significativa y la contaminación de los suelos con patógenos es posible. Los costos del proceso pueden ser compensado por los beneficios que se obtienen del compost, por ejemplo, el compost mejora la fertilidad del suelo y aumenta los rendimientos de los cultivos [22]. La pollinaza tiene un contenido alto de nitrógeno y es moderadamente húmedo, necesita un material de enmienda rico en carbono [23].

### 2.2 COMPOSTAJE DE POLLINAZA Y OTROS SUSTRATOS

Según la literatura, la pollinaza ha sido compostada previamente con diferentes materiales de soporte o enmienda que le ayudan a mejorar sus propiedades para

obtener un producto de calidad dependiendo del uso posterior. La pollinaza es una fuente significativa de nitrógeno, pero pequeñas cantidades de carbono necesitan ser agregadas para agilizar la degradación de materia orgánica en el proceso de compostaje [22] y alcanzar valores recomendados de la relación C/N al inicio del proceso. La pollinaza ha sido compostada con diferentes materiales de enmienda dependiendo de la propiedad que se quiere mejorar.

**2.2.1 Zeolita natural** Una gran limitación en el compostaje de pollinaza es la excesiva salinidad, altos valores indican una gran cantidad de minerales solubles que posiblemente inhiben la actividad biológica o causan problemas en la aplicación al suelo si se usan grandes cantidades de compost. Se encontró que el nivel de salinidad en el compost obtenido decrece si se agrega mayor cantidad de zeolita natural. Usando 5% y 10% de zeolita natural, 66.04% y 88.92% de salinidad del producto final fueron absorbidos, respectivamente [19].

**2.2.2 Paja de trigo** Se realizó un estudio en el cual se buscaba determinar la influencia de la paja de trigo agregada a la pollinaza en el rendimiento del proceso de compostaje. La función de la paja de trigo como material de soporte fue aumentar la relación C/N y aportar carbono orgánico degradable. De acuerdo con los resultados experimentales, los valores más altos de degradación de la materia orgánica, temperatura y emisión de CO<sub>2</sub> fueron obtenidas por la mezcla compuesta por 83% de pollinaza y 17% de paja de trigo que de las tres mezclas usadas en la investigación aportó las mejores condiciones para el proceso de compostaje [22].

### **2.2.3 Biocarbón**

- Dias et al [24] prepararon tres combinaciones, mezclando la pollinaza con diferentes residuos orgánicos (biocarbón, cáscara de café y aserrín) usados como materiales de soporte, en una proporción 1:1 cada material. El uso de biocarbón como material de soporte para el compostaje de pollinaza permitió

optimizar el proceso, reduciendo emisiones de olor y pérdida de nitrógeno, así como la producción de compost estable con una composición balanceada de nutrientes [24]

- Liu et al [25] demostraron que la adición de biocarbón extraído del bambú puede incrementar la porosidad, mejorando la permeabilidad al aire y asegurando un ambiente aerobio en la pila, reduciendo la producción de metano. Sin embargo, el exceso en la adición de biocarbón sobre 10% causa gran pérdida de agua y disipación de calor, afectando negativamente el proceso de compostaje [25].

**2.2.4 Paja de arroz** La combinación de paja de arroz con pollinaza en la relación de 6.5:1 permitió complementar las deficiencias o excesos de carbono y nitrógeno de los dos sustratos, lo cual contribuyó a la producción de un compost de mejor calidad que el efectuado únicamente con pollinaza. La aplicación del compost preparado mejoró las diversas propiedades químicas y biológicas del suelo mostrando las características y la capacidad del compost para mejorar la calidad del suelo respecto a la productividad [26].

**2.2.5 Tusas, aserrín y virutas de madera** En este estudio se realizaron dos tratamientos, el tratamiento 1 (T1) conformado por 53% pollinaza, 9% tusas de maíz, 24% aserrín y 14% virutas de madera, y el tratamiento 2 (T2) contenía 71% pollinaza, 8% tusas de maíz y 21% aserrín. La adición de estos materiales a la pollinaza mejoró su porosidad, redujo el pH inicial y balanceó la relación C/N. La fase termofílica demoró 35 y 37 días para T1 y T2, respectivamente, favoreciendo la eliminación de patógenos. De acuerdo con las características del compost, T1 mostró menos efectos fitotóxicos que T2, probablemente relacionados con el alto contenido de sal en T2, debido al mayor porcentaje de pollinaza que éste contenía. Se encontró que 71% de pollinaza contenido en la mezcla no tiene efectos adversos

en el proceso de compostaje. Sin embargo, el producto final tuvo más limitaciones para el uso en la agricultura que la mezcla que contenía menos pollinaza [27].

**2.2.6 Fracción orgánica de residuos sólidos municipales (FOROS)** Este estudio realizó una combinación de fracción orgánica de residuos sólidos municipales, pollinaza, aserrín y compost maduro. FOROS estaban compuestos por: residuos de comida (56.5%), papel y cartón (30.4%) y residuos de jardinería (13.1%). La función de la pollinaza fue ajustar la relación carbono – nitrógeno. El aserrín fue usado como material de soporte, en función de aumentar la aireación de las mezclas y optimizar las propiedades del sustrato (humedad, porosidad, relación C/N, pH). El compost maduro fue adicionado como agente inoculador con el fin de acelerar el inicio del proceso de compostaje. Los materiales fueron mezclados manualmente con el objetivo de lograr una mejor homogenización de la mezcla. Se prepararon tres mezclas con diferentes porcentajes de materiales: reactor 1 (60% FOROS, 20% Pollinaza, 10% compost maduro, 10% aserrín), reactor 2 (50% FOROS, 33.33% Pollinaza, 8.33% compost maduro, 8.33% aserrín) y el reactor 3 (42.86% FOROS, 42.86% Pollinaza, 7.14% compost maduro, 7.14% aserrín). Al final se obtuvo un mejor resultado del reactor 1, que a pesar de no presentar las temperaturas máximas, demostró tener las condiciones más apropiadas para el proceso de compostaje [28].

En la Tabla 2, se aprecian las características fisicoquímicas de los materiales que han sido compostados previamente con la pollinaza.

**Tabla 2 Características de materiales compostados con pollinaza**

<b>Autores</b>	<b>Parámetros</b>	<b>pH (Unidades de pH)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>COT (%C) bs</b>	<b>NT (%N) bs</b>	<b>C/N</b>	<b>CE (mS/cm)</b>
[22]	<b>Paja de trigo</b>	7.18 ± 0.05	10.87 ± 0.95	48.84	0.55	88.80	1.91 ± 0.03
[24]	<b>Biocarbón</b>	7.64	7.1	49.78	0.61	82.06	0.4
[24]	<b>Cáscara de café</b>	4.81	12.1	51.26	1.2	43.5	5.99
[24]	<b>Aserrín</b>	3.48	15.1	45.42	0.95	49.62	0.43
[26]	<b>Paja de arroz</b>	7.24	-	39.2	0.5	78.4	3.68
[28]	<b>FOROS</b>	4.98 ± 0.05	59.83 ± 0.50	50.94 ± 0.37	0.66 ± 0.03	77.18	1.19 ± 0.07
[28]	<b>Aserrín</b>	5.31 ± 0.06	10.03 ± 0.40	55.50 ± 0.17	0.28 ± 0.04	198.21	0.24 ± 0.04

Nota: COT. Carbono Orgánico Total, NT. Nitrógeno Total, CE. Conductividad eléctrica, bs. Base seca.

Se puede concluir que la pollinaza es un material rico en nitrógeno y fósforo que puede ser compostado exitosamente con materiales que tengan alto contenido en carbono, además dado su abundante contenido de sal, es recomendable mezclarla en bajas proporciones para garantizar su uso en la agricultura sin afectar la calidad del suelo usado.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. CASO DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en el corregimiento Berlín, del municipio de Tona, Santander (Colombia), ubicado a una altura de 3340 metros sobre el nivel del mar y temperaturas que van de 0 a 15°C. El área tiene ecosistemas de Páramo seco, páramo húmedo y bosque alto andino [29]. La actividad productiva es en su totalidad agrícola, con cultivos de papa y cebolla en su mayoría. La Figura 3 presenta fotografías tomadas a los cultivos de cebolla en el páramo de Berlín.

**Figura 3 Fotografías cultivos de cebolla en Berlín, Santander**



#### 3.2 DETERMINACIÓN DE LOS MATERIALES

Se realizó una revisión bibliográfica con el propósito de encontrar cómo y con qué materiales ha sido compostada la pollinaza previamente. Adicionalmente, se realizaron dos visitas técnicas con el fin de determinar qué materiales se encontraban en la zona cumpliendo con los requisitos de disponibilidad y fácil acceso; la primera visita se realizó a la finca de un agricultor quien permitió tomar muestras de pollinaza y cebolla con diferentes periodos de degradación, estas muestras fueron llevadas al Laboratorio Químico de Consultas Industriales de

Universidad Industrial de Santander donde se le realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos: pH, humedad, carbono orgánico oxidable, nitrógeno total, cenizas, potasio total, fósforo total, conductividad, sodio y calcio siguiendo protocolos de la norma técnica colombiana (Ver resultados en ANEXO B); adicionalmente se le realizó una prueba de estabilidad a la pollinaza con propósito de conocer su grado de estabilidad. Según el estudio realizado por Haminton [30], se encontró que los materiales que posiblemente serían aptos para el proceso eran estiércol bovino, estiércol ovino, residuos de alimentos crudos y residuos de papa. En la segunda visita, se tomaron muestras de estos sustratos, las cuales fueron llevadas al laboratorio, en donde fueron analizados el pH, la humedad, el carbono y el nitrógeno (ANEXO C). Los resultados de los análisis demostraron que de los materiales escogidos solo los residuos de papa cumplían con el requisito de alto contenido en carbono, pero no tenían la disposición en la cantidad requerida, por consiguiente, se tomó la determinación de mezclarlos con residuos de alimentos crudos. Además, se decidió incluir en el análisis un material de soporte con características fisicoquímicas ricas en carbono, según la literatura, el aserrín ha sido compostado en varias ocasiones con la pollinaza y otros materiales obteniendo resultados muy favorables en la calidad del producto generado.

### **3.3 TRATAMIENTOS**

Se definieron dos tratamientos para el proceso, cada uno con tres réplicas de 101 kg; el tratamiento A (TA) estuvo conformado por 43% pollinaza, 41% residuos de alimentos crudos y 18% aserrín, y el tratamiento B (TB) constituido por 52% pollinaza, 32% residuos de cebolla (frescos) y 16% aserrín. Las proporciones de cada material para cada tratamiento fueron calculadas por medio de la ecuación de Trautmann & Krasny [31], utilizando valores teóricos para cada sustrato obtenidos de la literatura (Ver los cálculos en el ANEXO D).

### 3.4 ÁREA EXPERIMENTAL

El montaje de la pilas se desarrolló en una planta de reciclaje (7.187189 N, -72.868828 E) construida por la gobernación para el municipio y tenía como función principal el manejo de los residuos sólidos domiciliarios de las cabeceras urbanas de Tona, Vetas y el corregimiento de Berlín [32]. Actualmente la planta no se encuentra en funcionamiento. El lugar cuenta con servicio de agua y energía, tiene piso en cemento y techo en tejas de eternit. La alcaldía del municipio de Tona autorizó el uso del área para desarrollar el experimento (Ver Figura 4).

**Figura 4 Fotografías área experimental**



### 3.5 RECOLECCIÓN DE MATERIALES

Los residuos de cebolla fueron recolectados de la finca de un agricultor del corregimiento del Berlín después de realizar la cosecha; la pollinaza también fue proporcionada por un agricultor de la zona; los residuos de alimentos crudos fueron recolectados de varios restaurantes y viviendas de la zona, estaban compuestos por cáscaras de naranja, tomate, papa, limón, zanahoria, arveja, yuca, papa criolla, frijol, plátano, pimentón, guayaba, ahuyama, mango y piña, la recolección se realizó durante tres días hasta alcanzar la cantidad necesaria. El aserrín se obtuvo de un almacén llamado Maderas Dusan en la ciudad de Bucaramanga, por tal motivo se tuvo que transportar hasta el páramo de Berlín.

### 3.6 MONTAJE Y MONITOREO DEL PROCESO

El montaje se realizó el 02 de junio del 2017, a las 8:00 am, se recibieron los materiales y se hizo el respectivo pesaje. Se realizaron seis pilas de 0.8 m de altura en forma cónica (Figura 5) con los porcentajes de material calculados previamente. Para su ubicación en el área experimental, se realizó un sorteo al azar, la disposición de las pilas se encuentra disponible en el ANEXO E. El monitoreo de temperatura se hizo diariamente con termómetros bimetálicos para compostaje de 60.96 cm y 79.2 cm en cinco puntos de la pila, para otros parámetros como humedad, pH y conductividad se llevaron muestras de material extraído de cada punto de la pila al laboratorio de hidráulica de la Universidad Industrial de Santander, por lo menos una vez por semana y se realizaron los respectivos análisis con un medidor de humedad Ohaus MB-25 y un pHmetro sensION™+ MM374 (Ver Figura 6). Adicionalmente, se efectuó la medición de saturación de oxígeno en las pilas de compostaje con una sonda CM 37.

Los volteos de las pilas se realizaron manualmente, acorde con las actividades de humectación, el comportamiento de la temperatura o para homogenizar el material, todo esto con el fin de mantener las condiciones apropiadas para el proceso.

**Figura 5 Pila cónica tratamiento A**



**Figura 6 Equipos usados para realizar mediciones de humedad, pH y conductividad**



### **3.7 SEGUIMIENTO DE ESTABILIDAD Y MADUREZ DEL MATERIAL EN PROCESO**

**3.7.1 Prueba de germinación** La prueba de germinación es una herramienta eficiente, que permite determinar los niveles de fitotoxicidad del producto obtenido. Con este ensayo se logra detectar la presencia de sustancias que pueden tener efectos inhibitorios tanto en la germinación de las semillas, como en el crecimiento de ciertas plantas [33].

Para realizar la prueba se necesitaron en total 21 cajas Petri, siendo 3 por cada pila (Figura 7) y 3 más utilizadas como testigo, en las cuales se empleaba únicamente agua destilada. El material de cada pila fue mezclado con agua destilada en la proporción 1:5, esta mezcla resultante se dejó reposar durante 3 horas y posteriormente fue filtrada. En las cajas Petri se colocó papel filtro y sobre él 10 semillas de rábano, ya que es la especie que presenta mayor sensibilidad a sustancias fitotóxicas. A continuación, se aplicaron 10 mL del extracto obtenido en cada caja y se dejó durante 72 horas a temperatura aproximada de 25°C.

**Figura 7 Cajas Petri utilizadas en la prueba**



Finalmente se realizaron las siguientes mediciones:

### **Germinación relativa (GR)**

$$GR = \frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en extracto}}{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas en testigo}} \times 100$$

### **Largo de radícula relativo (ER)**

$$ER = \frac{\text{Largo promedio de radículas en extracto (cm)}}{\text{Largo promedio de radículas en testigo (cm)}} \times 100$$

### **Índice de germinación (IG)**

$$IG = \frac{GR \times ER}{100}$$

La norma chilena de compost NCh 2880, establece que un compost está maduro si este muestra un porcentaje de germinación mayor o igual al 80% [34].

**3.7.2 Prueba de estabilidad** Para determinar el grado de madurez de un proceso de compostaje se realiza una prueba de estabilidad. El equipo que se usó es un dispositivo de medición RM 82 (Figura 8) que mide la calidad o madurez del compost, está diseñado con la normativa europea para la maduración del compost. La prueba consiste en tomar el producto generado, tamizarlo si es necesario, adicionar agua hasta alcanzar el 50-55 % de humedad, completar un vaso Dewar

con la muestra, insertar la sonda de temperatura, conectarlo al RM 82 e inscribir los datos de la muestra en el software para dar inicio a la toma de datos temperatura que se presentan durante 10 días y que permiten determinar el grado de descomposición de la materia orgánica [35]. Se realizó una prueba de estabilidad con este equipo a la muestra de pollinaza tomada en la primera visita realizada.

**Figura 8. Dispositivo de medición del grado de madurez RM82**



También se puede determinar la estabilidad y madurez del material en proceso utilizando test de olor y color. Según los autores Oviedo-Ocaña et al. [36], los materiales orgánicos con alto grado de madurez carecen del olor característico de ácidos orgánicos y deben tener un olor similar a la tierra mojada, la prueba de olor se realiza almacenando muestras de compost de cada pila por una semana, al finalizar el tiempo de espera, se abren las bolsas y se huelen registrando olores típicos predominantes [37]. Con respecto al color, la muestra se debe revolver con la ayuda de una espátula, esto ayudara a identificar diferentes tonalidades de la mezcla, la categorización de tonos es: café claro, café oscuro y casi negro, con los cuales es posible indicar respectivamente compost inestable, relativamente estable y estable. Estos tonos fueron propuestos después de realizar una comparación con compost maduros que cumplían con los estándares de estabilidad establecidos por la legislación colombiana. Es importante mencionar que las pruebas de olor y color no son de alta confiabilidad y requieren pruebas complementarias.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Con la revisión bibliográfica realizada se construyó la Tabla 3 que contiene valores de los parámetros fisicoquímicos encontrados en la literatura para la pollinaza. Se observa que los valores obtenidos para la muestra de pollinaza tomada en el páramo de Berlín, guardan cierta consistencia con los valores reportados en la literatura, con humedades superiores a 70%, bajos valores en la relación C/N (<20), debido a que es un sustrato rico en nitrógeno, pero tiene deficiencia de carbono orgánico. Asimismo, se encuentra semejanza en los valores de pH estando todos por encima del valor neutro. En relación con el fósforo, se demuestra que es un material con alto contenido de este nutriente (> 1%), mientras que el valor de conductividad eléctrica (CE) también presenta valores elevados que corresponden a las sales que contiene el sustrato. Los valores reportados por Bryndum et al. [38] son los más semejantes, lo que puede estar asociado al precompostaje que le realizan a la pollinaza en el estudio, situación similar a la indicada por los suministradores de la pollinaza en este estudio. Finalmente se concluye que los datos de la muestra de pollinaza tomada en el páramo de Berlín son consistentes con lo reportado en la literatura.

**Tabla 3 Parámetros fisicoquímicos para la pollinaza según diferentes autores**

Parámetros	pH (Unidades de pH)	Humedad (%)	COT (%C) bs	NT (%N) bs	C/N	Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	CE (mS/cm)
Autores							
UIS	8.71	24.54	15.74	2.03	7.76	1.40	6.34
[39]	8.9 ± 0.1	66.6 ± 4.0	12.6 ± 2.0	1.6 ± 0.3	7.9	-	-
[27]	8.0 ± 0.3	73.9 ± 0.2	37.6 ± 0.8	6.2 ± 0.9	6.2 ± 0.8	-	21.8 ± 0.6
[40]	8.20	73.30	39.90	3.80	10.26	-	-
[41]	9.00	-	39.00	5.00	7.80	-	-
[42]	9.00	-	39.00	4.00	9.75	-	-
[43]	8.60	60.00	26.02	1.41	18.45	0.91	-
[44]	8.31	71.03	-	-	8.73	-	3.77
[28]	8.31 ± 0.08	71.03 ± 0.92	43.83 ± 1.02	5.02 ± 0.02	8.73	-	3.77 ± 0.06
[45]	8.27 ± 0.06	43.23 ± 0.44	39.20 ± 2.84	3.10 ± 0.32	12.64 ± 1.21	-	3.03 ± 0.10
[38]	8.5 (0.32)	12.5 (1.03)	-	2.09 (0.13)	11.00	1.49 (0.06)	-
[46]	7.62 (0.04)	71.8 (0.87)	36.7 (1.47)	2.24 (0.17)	16.00	0.82 (0.92)	5.74 (0.55)
[46]	7.84 (0.04)	49.6 (1.13)	37.3 (4.25)	1.15 (0.21)	32.00	0.53 (0.17)	2.24 (0.48)
[24]	9.64	38.00	-	-	9.72	-	-
[47]	8.37 ± 0.06	72.59 ± 0.97	43.37	4.55	9.53	-	3.94 ± 0.10
[26]	7.83	-	14.84	2.12	7.00	4.10	4.32
[25]	-	75.6 ± 0.68	-	-	7.2 ± 0.12	-	-
[48]	7.54	-	50.55	1.74	29.05	1.49	4.65

Nota: COT. Carbono Orgánico Total, NT. Nitrógeno Total, CE. Conductividad eléctrica, bs. Base seca.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS Y LOS TRATAMIENTOS USADOS

Con los resultados de los análisis hechos a los distintos materiales se definieron los sustratos que iban a ser usados, los cuales fueron residuos de alimentos crudos, aserrín, cebolla fresca y pollinaza. Las propiedades fisicoquímicas de los sustratos usados y los tratamientos conformados (A y B) para realizar el montaje de las pilas fueron analizadas por el Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander y se reportan en la Tabla 4.

**Tabla 4 Parámetros fisicoquímicos de los sustratos**

Parámetros	Residuos de alimentos crudos	Aserrín	Cebolla fresca	Pollinaza	TA	TB
pH (Unidades de pH)	5.42	6.10	6.54	8.84	7.32	8.96
Humedad (%)	76.59	11.21	64.23	79.76	53.19	43.02
COT (%C) bs	20.29	23.64	3.24	92.00	23.50	19.81
NT (%N) bs	1.82	0.42	1.56	4.93	5.12	3.92
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )bs	0.13	1.33	0.20	1.05	0.53	0.96
CE (mS/Cm)	0.68	0.21	1.17	5.62	2.23	3.08
C/N	11.15	56.29	2.08	18.66	4.59	5.05

Nota: COT. Carbono Orgánico Total, NT. Nitrógeno Total, CE. Conductividad eléctrica, bs. Base seca.

Los residuos de alimentos presentan características no apropiadas para el proceso, acorde con la literatura [18], [23], que se reflejan en valores ácidos de pH, altas humedades, baja relación C/N y bajo contenido de nutrientes como el fósforo. De acuerdo con Rynk et al. [23] sustratos con estas características requieren de un material de soporte que supla las deficiencias. Por otro lado, el aserrín es un material seco y rico en carbono, su degradación es moderada a deficiente [23], fue

usado en ambos tratamientos con el fin de suplir la carencia de carbono y reducir la pérdida de nitrógeno [49]. La cebolla fresca tiene deficiencia de carbono, es un material con una relación C/N demasiado baja, su humedad es propicia para el proceso. La pollinaza presenta valores que no son adecuados, se evidencia su alto contenido de nitrógeno y fósforo, también se observa un valor de pH alto, en concordancia al gran contenido de sales que tiene este sustrato, el valor de la CE puede sugerir efectos fitotóxicos en el material, por tal razón, se confirma que es un material muy inestable, además el porcentaje de humedad en comparación con los demás sustratos es el mayor, la humedad muy alta puede producir bajas temperaturas [19].

En la Tabla 4 se aprecia que el TA, conformado por pollinaza, residuos de alimentos crudos y aserrín, tiene un valor de pH cercano al neutro, está dentro del rango recomendado para el realizar el proceso sin inhibición microbológica [46], propiciando el crecimiento de bacterias que descomponen la materia orgánica. De otro lado, el aserrín redujo el contenido de humedad, que contribuyó a tener valores entre 40 y 60%. En relación con el COT, los resultados no son consistentes con los obtenidos previamente, presentando; así mismo, se observan alto contenido de nitrógeno se puede atribuir a que el sustrato predominante en la mezcla es la pollinaza. Esta condición del COT y  $N_{total}$ , generó una relación C/N muy baja que no coincide con el balance de masa propuesto para realizar el montaje (ver ANEXO D). La conductividad eléctrica está dentro de los valores recomendados (3-5 mS/cm) a pesar de la alta concentración presentada en la pollinaza; el fósforo es un nutriente que está involucrado en el almacenamiento de energía [7], su porcentaje en esta mezcla es menor que en TB y puede estar relacionado con el porcentaje usado de pollinaza.

Para el TB, compuesto de pollinaza, residuos de cebolla y aserrín, el pH presenta un valor alto, según Rynk et al. [23], un pH por encima de 8.5 estimula la conversión de nitrógeno en amoníaco, esto se puede deber a que este tratamiento contiene

mayor porcentaje de pólínaza (52 %). La humedad de este tratamiento fue más baja en comparación al TA, esto puede deberse a la adición de aserrín y condiciones de humedad de los otros sustratos; la relación C/N de esta mezcla es similar a la reportada por el TA, se considera que es un valor muy bajo y no es coherente según la información encontrada previamente en la literatura; por otro lado, la conductividad eléctrica de esta mezcla tiene un valor mayor que el TA pero esto puede deberse a que tiene mayor proporción de pólínaza; finalmente, el contenido de fósforo es más alto lo cual puede mejorar el contenido de nutrientes en el producto final [50].

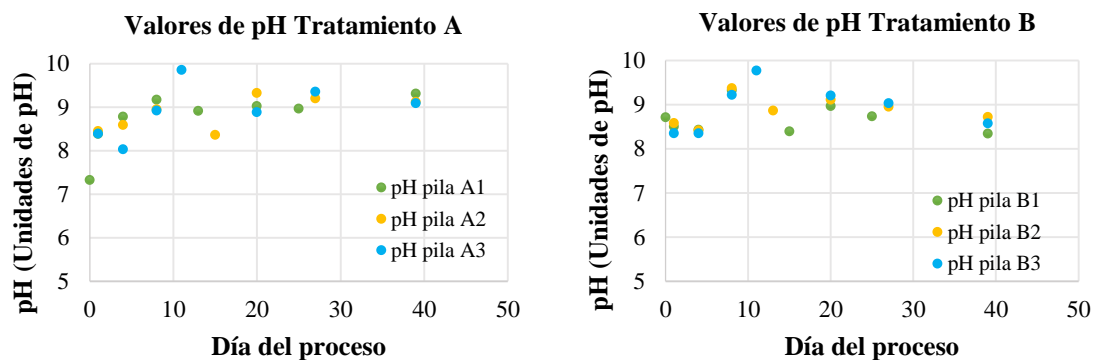
### **4.3 ANÁLISIS DEL PROCESO**

**4.3.1 Humedad** La humedad es un parámetro crítico en el proceso de compostaje. Éste influye en la actividad microbiológica, espacio de aire libre, transferencia de oxígeno y temperatura del proceso [6]. Los tratamientos utilizados reportaron bajas humedades debido a la incorporación del aserrín, las humedades iniciales fueron 53.19 % y 43.02 % para el TA y TB, respectivamente. Por tal razón se realizó una humectación preliminar de 20 L para las pilas A y 26 L para las pilas B, garantizando así humedades apropiadas para iniciar el proceso que según Chiumenti et al. [11] deben estar entre 40-60%.

Durante el proceso se realizaron algunas humectaciones para mantener el porcentaje de humedad dentro de los valores recomendados y garantizar que el proceso de descomposición continuara [51], debido a que el aumento de temperatura en las pilas disminuía el contenido de humedad. Los días 0, 5, 12, 19, 32 y 41 se realizaron humectaciones, las pilas A con un total de 64 L y las pilas B con 74 L.

**4.3.2 pH** Los valores de pH obtenidos en ambos tratamientos son semejantes entre sí como se observa en la Figura 9. Los valores de pH inicialmente fueron 7.32 y 8.96 para los tratamientos A y B, respectivamente. La pila A3 presentó el valor máximo de TA con 9.85 el día 11 y para el TB, la pila B3 obtuvo un valor de 9.77 el mismo día. El rápido incremento del pH durante la fase termofílica puede ser debido a la producción de amoníaco asociada con la degradación de proteínas en los tratamientos y la descomposición de ácidos orgánicos [52]. Los datos de pH que decrecen durante el proceso pueden ser atribuidos a la producción de ácidos orgánicos durante la descomposición de materia orgánica contenida en la pollinaza [53]. Generalmente el pH sigue un patrón de comportamiento en el proceso de compostaje, los niveles son bajos en las primeras etapas y elevados en las últimas etapas [19].

**Figura 9 Valores de pH para los Tratamientos A y B**

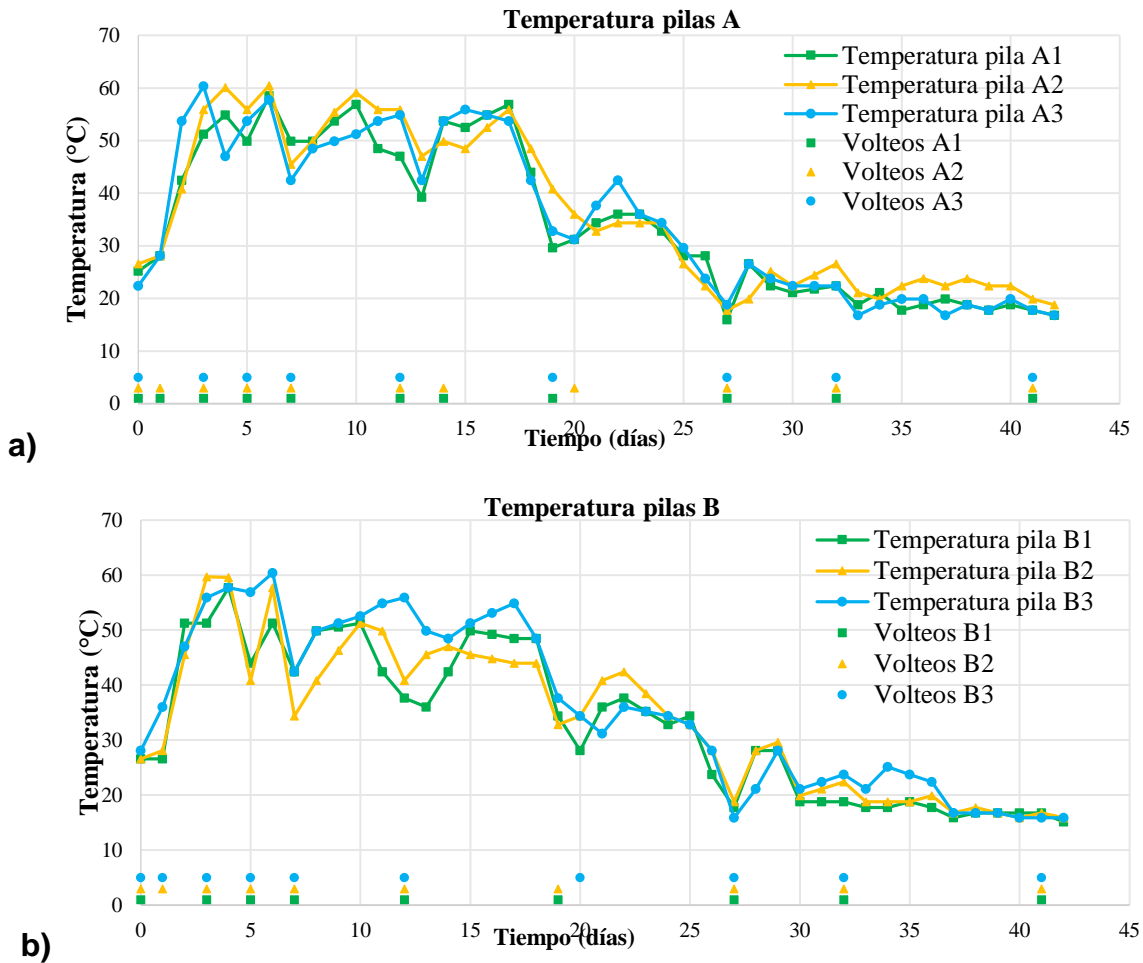


**4.3.3 Conductividad eléctrica (CE)** La CE refleja el grado de salinidad en el co-compost, indicando posibles efectos fitotóxicos en el crecimiento de las plantas si se aplica al suelo [54]. Los valores iniciales de CE para los tratamientos A y B fueron 2.23 mS/cm y 3.08 mS/cm, respectivamente. Probablemente el TB tuvo valores más altos debido a que tenía mayor cantidad de pollinaza que el TA. Los valores máximos que se obtuvieron fueron 5.09 mS/cm con la pila A2 y 4.2 mS/cm con la pila B2. Los valores mayores que 3-5 mS/cm pueden inhibir la actividad biológica

[26]. Se observa que los datos recolectados se encuentran dentro del rango propuesto, garantizando así un ambiente propenso para los microorganismos. El incremento de la CE que se dio durante la fase termofílica fue debido a la descomposición de ácidos [19] y mineralización de la materia orgánica [55], después se presentó una disminución que puede estar relacionada disolución de sales.

**4.3.4 Temperatura** El comportamiento de la temperatura fue similar en ambos tratamientos. Los cambios en la temperatura siguieron un patrón similar al típico en los procesos de compostaje (Figura 10a y 10b), se pueden apreciar la secuencia de las fases mesofílica, termofílica y de enfriamiento (la fase de madurez no estuvo en los alcances de este estudio). Según los autores Ugwuanyi et al. [56] la fase termofílica comienza cuando se presentan temperaturas mayores a 45 °C y se debe mantener por lo menos 5 días para garantizar la destrucción de organismos patógenos en la masa, para ambos tratamientos el incremento de temperatura se dio 2 días después del montaje, reportándose temperaturas entre 45 - 60°C que tuvieron una duración de 17 días. La máxima temperatura fue 60 °C y se reportó primero en las pilas A3 y B2, el tercer día del proceso. El aumento de temperatura en las pilas de TA puede estar relacionado con material de fácil degradación como carbohidratos, proteínas y aminoácidos procedentes de los residuos de alimentos crudos [57], además la pollinaza utilizada en ambos tratamientos era altamente inestable y compuesta por microorganismos. La fase de enfriamiento comenzó a los 19 días en ambos casos, la masa inició un proceso de estabilización hasta llegar a valores cercanos a la temperatura ambiente. Probablemente el TB tiene un comportamiento más lento en la etapa de enfriamiento debido a que contiene mayor cantidad de pollinaza, la cual puede acelerar el proceso en el inicio pero igualmente desacelera el proceso en las etapas posteriores [28]

**Figura 10 Evolución de la temperatura en los Tratamientos A y B**



**4.3.5 Aireación** Mantener el balance apropiado entre humedad y oxígeno es una de las claves del éxito del compostaje [31]. En el transcurso del proceso se realizaron mediciones de concentración de oxígeno el cual es vital para la actividad de los microorganismos, cuando la saturación de oxígeno arrojaba valores por debajo de 25 % era necesario realizar volteos para garantizar el flujo de aire en las pilas. También se efectuaron volteos para asegurar las condiciones adecuadas (humedad, temperatura) para llevar a cabo el proceso. En la Figura 10 se observa la cantidad de volteos realizados para ambos tratamientos, durante la fase mesofílica se realizó un volteo adicional a las pilas A1, A2, B2 y B3 debido a que su contenido de oxígeno fue muy bajo. En la fase termofílica se hicieron 5 volteos, a

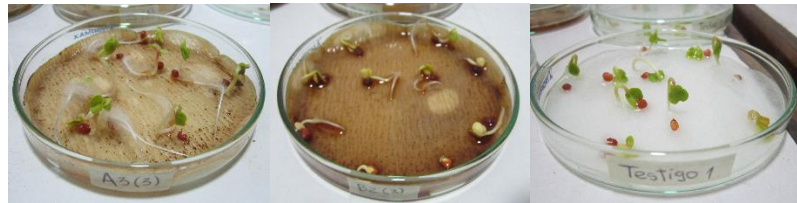
excepción de las pilas A1 y A2 que tuvieron que ser movidas por condiciones ambientales que podían afectar el proceso. En la fase de enfriamiento se realizaron 2 volteos a todas las pilas.

#### **4.4. ANÁLISIS DE MADUREZ Y ESTABILIDAD**

**4.4.1 Prueba de germinación** La prueba de germinación se realizó el día 36 del proceso. Los resultados de la prueba de germinación conseguidos, según la norma chilena NCh 2880, fueron favorables para las pilas A1 y A3, ya que fueron obtenidos índices de germinación (IG) de 117 % y 115 % respectivamente, y según la norma deben ser mayor o igual a 80 % [34], lo que indica que no hay sustancias fitotóxicas o están en muy baja concentración [58]. Para las pilas A2, B1, B2 y B3 los valores fueron 76 %, 62 %, 70 % y 66 % respectivamente, estos datos demuestran que probablemente las pilas correspondientes al TB y la pila A2 aún se encuentran en estado de descomposición de orgánicos que conllevan a la generación de compuestos fitotóxicos [36]. Acorde con Manios [59] el compost con valores altos de CE presentan comportamientos fitotóxicos que afectan la germinación de las semillas cuando se usan en grandes cantidades, esto tiene concordancia con los valores de CE reportados el día 39 del proceso (ANEXO F). Los IG de las pilas A1 y A3, que son mayores que al 100%, incrementan el crecimiento más que deteriorarlo [31].

En la Figura 11 se observan algunas de las placas Petri representativas de cada tratamiento A y B, y una placa Petri que fue usada como testigo.

**Figura 11. Prueba de germinación TA, TB y Testigo**



**4.4.2 Prueba de estabilidad** La determinación de la estabilidad del material en proceso se realizó por medio de dos pruebas: olor y color. Los resultados de la prueba se pueden ver en la Tabla 5, según las pruebas realizadas todas las pilas de los tratamientos A y B son pilas que están relativamente estables según lo indicado por los autores Oviedo-Ocaña et al. [36], estos resultados no son congruentes con los reportado en la prueba de germinación, destacando que la pilas A2, B1, B2 y B3 presentaron los valores más bajos para el IG. La prueba de olor reporta estabilidad en las pilas del tratamiento A, mientras que las pilas del tratamiento B mostraron un olor fétido en el momento de realizar la prueba lo cual indica que aún hay materia orgánica en estado de descomposición.

**Tabla 5 Resultados prueba de olor, color, IG y CE (día 39)**

<b>Pila</b>	<b>Olor</b>	<b>Color</b>	<b>IG</b>	<b>CE (mS/cm)</b>
<b>A1</b>	Tierra húmeda	Café oscuro	117	2.18
<b>A2</b>	Tierra húmeda	Café oscuro	76	5.09
<b>A3</b>	Tierra húmeda	Café oscuro	115	2.09
<b>B1</b>	Fétido	Café oscuro	62	4.19
<b>B2</b>	Fétido	Café oscuro	70	2.51
<b>B3</b>	Fétido	Café oscuro	66	2.22

## 5. CONCLUSIONES

Este estudio permitió ratificar que la pollinaza aplicada actualmente en el cultivo de la cebolla junca presenta características inestables. A partir de las condiciones locales y la revisión de literatura, se identificaron materiales potenciales para ser empleados en el compostaje de pollinaza, seleccionándose finalmente residuos de alimentos crudos, aserrín y la cebolla junca.

El tratamiento A (conformado por 43% de pollinaza, 41% de residuos de alimentos crudos y 18% de aserrín) y el tratamiento B (conformado por 52% de pollinaza, 32% de residuos de cebolla y 16% de aserrín) tuvieron un comportamiento de temperatura similar. No obstante, las pilas de TA muestran un comportamiento similar entre ellas, a diferencia de las pilas de TB, en las que se evidencian una diferencia de temperatura de hasta 15 °C entre éstas.

Gracias a la revisión de literatura realizada se logró conocer mejor las características y el comportamiento de la pollinaza cuando es compostada, asimismo se pudo incluir en las mezclas un material de soporte rico en carbono como lo es el aserrín, el cual ha demostrado tener resultados satisfactorios cuando ha sido compostado con la pollinaza.

El monitorio del proceso permitió analizar los dos tratamientos que, dada su composición, presentaron características similares en la evolución del proceso, obteniendo una fase mesofílica de 2 días, termofílica de 17 días y de enfriamiento de 23 días, esta última tiene mayor duración probablemente debido a que la concentración de materia orgánica era muy alta.

Acorde con las pruebas de estabilidad y madurez, las pilas que presentaron mejores resultados fueron las pilas A1 y A3 del tratamiento A, lo cual indica que la mezcla realizada tuvo éxito, esto es beneficioso pues se puede dar solución al problema de inestabilidad de la pollinaza usada en los cultivos y además a los residuos de alimentos crudos generados por la comunidad en el páramo de Berlín, que actualmente no tiene ningún tipo de manejo.

Las pilas del tratamiento B, no obtuvieron resultados favorables en ninguna de las pruebas realizadas para determinar madurez, esto puede deberse a que este tratamiento contiene mayor cantidad de pollinaza y se encuentra aún en proceso de descomposición. Además, el alto contenido de sales demostró mayores efectos fitotóxicos en la prueba de germinación, pero esto no demuestra que el tratamiento no sea efectivo, probablemente tendrá una mayor duración en el desarrollo del proceso.

Se recomienda realizar el proceso de compostaje aumentando la masa y la altura de las pilas, con el propósito de obtener mayores temperaturas y mejores condiciones para los microorganismos que degradan la materia, los sustratos usados para el tratamiento A se pueden usar en las proporciones indicadas, pues mostraron los mejores resultados. Sin embargo, para el tratamiento B, es recomendable cambiar las proporciones disminuyendo el porcentaje de pollinaza y aumentando las masas del aserrín y la cebolla, con el objetivo de aumentar la velocidad del proceso y disminuir los efectos fitotóxicos.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. D. Llambí, A. Soto-w, R. Célleri, B. De Bievre, B. Ochoa, and P. Borja, *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. 2012.
- [2] C. Londoño, A. Cleef, and S. Madriñán, “Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of,” *Flora*, vol. 209, pp. 81–87, 2014.
- [3] GREENPEACE, “Páramos en Peligro. El caso de la minería de Carbón en Pisba.” p. 33, 2013.
- [4] J. Restrepo, E. Ardila, and J. Gualdrón, “PLAN INTEGRAL DE MANEJO DEL DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSO NATURALES. ‘PÁRAMO DE BERLÍN.’” p. 103, 2008.
- [5] C. Suárez *et al.*, “CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DEL PÁRAMO DE BERLÍN – UNIDAD BIOGEOGRÁFICA DE SANTURBÁN, MEDIANTE LA DECLARATORIA DE UN ÁREA DE MANEJO ESPECIAL.” .
- [6] R. T. Haug, *The practical handbook of compost engineering*. Boca raton, Florida, 1993.
- [7] F. Kreith and G. Tchobanoglous, *Handbook of Solid Waste Management*, vol. 13, no. 6. 2002.
- [8] L. F. Diaz, M. De Bertoldi, W. Bidlingmaier, and E. Stentiford, *Compost science and technology*, 1st ed. 2007.
- [9] N. Dulac, *The Organic Waste Flow in Integrated Sustainable Waste*

*Management*. 2001.

- [10] M. A. Hubbe, M. Nazhad, and C. Sánchez, “Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: A review,” *BioResources*, vol. 5, no. 4, pp. 2808–2854, 2010.
- [11] A. Chiumenti, R. Chiumenti, L. F. Diaz, G. Savage, L. Eggerth, and N. Goldstein, *Modern Composting Technologies*. Singapore, 2005.
- [12] M. K. Iqbal, T. Shafiq, and K. Ahmed, “Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost,” *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 6, pp. 1913–1919, 2010.
- [13] S. T. MacGregor, F. C. Miller, K. M. Psarianos, and M. S. Finstein, “Composting Process Control Based on Interaction Between Microbial Heat Output and Temperature,” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 41, no. 6, pp. 1321–1330, 1981.
- [14] E. Epstein, *Industrial composting: Environmental engineering and facilities management*. 2011.
- [15] C. Lazcano, M. Gómez-Brandón, and J. Domínguez, “Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure,” *Chemosphere*, vol. 72, no. 7, pp. 1013–1019, 2008.
- [16] F. Yang, G. Li, H. Shi, and Y. Wang, “Effects of phosphogypsum and superphosphate on compost maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting,” *Waste Manag.*, vol. 36, pp. 70–76, 2015.

- [17] L. Zhang and X. Sun, "Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste," *Waste Manag.*, vol. 48, pp. 115–126, 2016.
- [18] M. de Bertoldi, G. Vallini, and A. Pera, "The biology of composting: A review," *Waste Manag. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 157–176, 1983.
- [19] N. G. Turan, "The effects of natural zeolite on salinity level of poultry litter compost," *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 7, pp. 2097–2101, 2008.
- [20] P. L. Preusch, P. R. Adler, L. J. Sikora, and T. J. Tworkoski, "Nitrogen and Phosphorus Availability in Composted and Uncomposted Poultry Litter," *J. Environ. Qual.*, vol. 31, pp. 2051–2057, 2002.
- [21] J. T. Li, X. L. Zhong, F. Wang, and Q. G. Zhao, "Effect of poultry litter and livestock manure on soil physical and biological indicators in a rice-wheat rotation system," *Plant, Soil Environ.*, vol. 57, no. 8, pp. 351–356, 2011.
- [22] I. Petric, A. Sestan, and I. Sestan, "Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 87, pp. 206–212, 2009.
- [23] R. Rynk *et al.*, "On-Farm Composting Handbook," *Monogr. Soc. Res. Child Dev.*, vol. 77, p. 132, 1992.
- [24] B. O. Dias, C. A. Silva, F. S. Higashikawa, A. Roig, and M. A. Sánchez-Monedero, "Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 4, pp. 1239–1246, 2010.

- [25] N. Liu, J. Zhou, L. Han, S. Ma, X. Sun, and G. Huang, "Role and multi-scale characterization of bamboo biochar during poultry manure aerobic composting," *Bioresour. Technol.*, vol. 241, pp. 190–199, 2017.
- [26] S. Gaiind and L. Nain, "Exploration of composted cereal waste and poultry manure for soil restoration," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 9, pp. 2996–3003, 2010.
- [27] P. F. Rizzo, V. Della Torre, N. I. Riera, D. Crespo, R. Barrena, and A. Sánchez, "Co-composting of poultry manure with other agricultural wastes: process performance and compost horticultural use," *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, pp. 1–9, 2013.
- [28] I. Petric, A. Helić, and E. A. Avdić, "Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of municipal solid waste with poultry manure," *Bioresour. Technol.*, vol. 117, pp. 107–116, 2012.
- [29] C. Instituto Humboldt, CORPONOR, and CDMB, "Declaratoria de un área de manejo especial en el páramo de Berlín," 2008.
- [30] H. Arias, "Auxiliar de investigación en el proyecto para la selección de materiales para el acondicionamiento de los residuos de gallinaza y postcosecha del cultivo de la cebolla junca con miras a su compostaje. Caso: Páramo de Berlín (Santander)," Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2017.
- [31] N. M. Trautmann and M. E. Krasny, *Composting in the Classroom - Scientific Inquiry for high school students*. 1997.

- [32] CDMB, “Plan de gestión ambiental regional 2004 – 2013.” p. 209, 2004.
- [33] M. T. Varnero, C. Rojas, and R. Orellana, “Índices de Fitotoxicidad de residuos orgánicos durante el copostage.,” *Rev. Cienc. del Suelo y Nutr. Veg.*, vol. 7, no. 1, pp. 28–37, 2007.
- [34] INN, “Norma Chilena de Compost 2880-2004 (NCh 2880-2004), Compost - Clasificación y Requisitos,” p. 27, 2004.
- [35] Kontrolgrün, “Medición de Calidad. Dispositivo RM82.” .
- [36] E. R. Oviedo-Ocaña *et al.*, “Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices,” *Waste Manag.*, vol. 44, pp. 63–71, 2015.
- [37] W. Peñarete, “Curso de Fundamentos de Suelo. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR). Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle,” Santiago de Cali, Colombia, 2011.
- [38] S. Bryndum, R. Muschler, A. Nigussie, J. Magid, and A. de Neergaard, “Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost,” *Waste Manag.*, pp. 1–9, 2017.
- [39] O. A. Arikan, W. Mulbry, and C. Rice, “The effect of composting on the persistence of four ionophores in dairy manure and poultry litter,” *Waste Manag.*, vol. 54, pp. 110–117, 2016.
- [40] W. Czekala, K. Malińska, R. Cáceres, D. Janczak, J. Dach, and A. Lewicki, “Co-composting of poultry manure mixtures amended with biochar - The effect of biochar on temperature and C-CO<sub>2</sub> emission,” *Bioresour. Technol.*, vol.

200, pp. 921–927, 2016.

- [41] E. Agyarko-Mintah *et al.*, “Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting,” *Waste Manag.*, vol. 61, no. May 2016, pp. 129–137, 2016.
- [42] E. Agyarko-Mintah *et al.*, “Biochar increases nitrogen retention and lowers greenhouse gas emissions when added to composting poultry litter,” *Waste Manag.*, vol. 61, pp. 138–149, 2016.
- [43] O. Farah Nadia, L. Y. Xiang, L. Y. Lie, D. Chairil Anuar, M. P. Mohd Afandi, and S. Azhari Baharuddin, “Investigation of physico-chemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process,” *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 28, pp. 81–94, 2015.
- [44] I. Petric and N. Mustafi?, “Dynamic modeling the composting process of the mixture of poultry manure and wheat straw,” *J. Environ. Manage.*, vol. 161, pp. 392–401, Sep. 2015.
- [45] M. K. Awasthi, A. K. Pandey, P. S. Bundela, J. W. C. Wong, R. Li, and Z. Zhang, “Co-composting of gelatin industry sludge combined with organic fraction of municipal solid waste and poultry waste employing zeolite mixed with enriched nitrifying bacterial consortium,” *Bioresour. Technol.*, vol. 213, pp. 181–189, 2015.
- [46] G. A. Ogunwande and J. A. Osunade, “Passive aeration composting of chicken litter: Effects of aeration pipe orientation and perforation size on losses of compost elements,” *J. Environ. Manage.*, vol. 92, no. 1, pp. 85–91, 2011.
- [47] I. Petric, A. Šestan, and I. Šestan, “Influence of wheat straw addition on

composting of poultry manure,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 87, no. 3, pp. 206–212, 2009.

- [48] R. Kulcu, Í. Sonmez, O. Yaldiz, and M. Kaplan, “Composting of spent mushroom compost , carnation wastes , chicken and cattle manures,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, pp. 8259–8264, 2008.
- [49] B. J. Young *et al.*, “Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure,” *Waste Manag.*, vol. 54, pp. 101–109, 2016.
- [50] G. V. Thomas, C. Palaniswami, S. R. Prabhu, M. Gopal, and A. Gupta, “Co-composting of coconut coir pith with solid poultry manure,” *Curr. Sci.*, vol. 104, no. 2, pp. 245–250, 2013.
- [51] S. Rothenberger, C. Zurbrügg, I. Enayetullah, and a H. M. M. Sinha, *Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle- Income Countries*. 2006.
- [52] D. Liu *et al.*, “Changes in biochemical and microbiological parameters during the period of rapid composting of dairy manure with rice chaff,” *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 19, pp. 9040–9049, 2011.
- [53] M. Charest and C. J. Beauchamp, “Composting of de-inking paper sludge with poultry manure at three nitrogen levels using mechanical turning: behavior of physico-chemical parameters,” *Bioresour. Technol.*, vol. 81, pp. 7–17, 2002.
- [54] G. F. Huang, J. W. C. Wong, Q. T. Wu, and B. B. Nagar, “Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust,” *Waste Manag.*, vol. 24, no. 8, pp. 805–813, 2004.

- [55] F. Gordillo and E. Chavez, "Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros." Guyaquil, Ecuador, p. 10, 2010.
- [56] J. O. Ugwuanyi, L. M. Harvey, and B. McNeil, "Effect of digestion temperature and pH on treatment efficiency and evolution of volatile fatty acids during thermophilic aerobic digestion of model high strength agricultural waste," *Bioresour. Technol.*, vol. 96, no. 6, pp. 707–719, 2005.
- [57] R. Oviedo-Ocaña *et al.*, "Effect of adding bulking materials over the composting process of municipal solid biowastes," *Chil. J. Agric. Res.*, vol. 75, no. 4, pp. 472–480, 2015.
- [58] M. T. Varnero, C. Rojas, and R. Orellana, "Índices de Fitotoxicidad de residuos orgánicos durante el compostaje.," *Rev. Cienc. del Suelo y Nutr. Veg.*, vol. 7, no. 1, pp. 28–37, 2007.
- [59] T. Manios, "The composting potential of different organic solid wastes : experience from the island of Crete," vol. 29, pp. 1079–1089, 2004.
- [60] E. R. Oviedo-Ocaña *et al.*, "A systematic approach to evaluate parameter consistency in the inlet stream of source separated biowaste composting facilities: A case study in Colombia," *Waste Manag.*, 2017.

## BIBLIOGRAFÍA

AGYARKO-MINTAH E. et al., "Biochar increases nitrogen retention and lowers greenhouse gas emissions when added to composting poultry litter," *Waste Manag.*, vol. 61, pp. 138–149, 2016.

AGYARKO-MINTAH E. et al., "Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting," *Waste Manag.*, vol. 61, no. May 2016, pp. 129–137, 2016.

ARIAS H., "Auxiliar de investigación en el proyecto para la selección de materiales para el acondicionamiento de los residuos de gallinaza y postcosecha del cultivo de la cebolla junca con miras a su compostaje. Caso: Páramo de Berlín (Santander)," Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2017.

ARIKAN O. A., MULBRY W., and RICE C., "The effect of composting on the persistence of four ionophores in dairy manure and poultry litter," *Waste Manag.*, vol. 54, pp. 110–117, 2016.

AWASTHI M. K., PANDEY A. K., BUNDELA P. S., WONG J. W. C., LI R., and ZHANG Z., "Co-composting of gelatin industry sludge combined with organic fraction of municipal solid waste and poultry waste employing zeolite mixed with enriched nitrifying bacterial consortium," *Bioresour. Technol.*, vol. 213, pp. 181–189, 2015.

BRYNDUM S., MUSCHLER R., NIGUSSIE A., MAGID J., and DE NEERGAARD A., "Reduced turning frequency and delayed poultry manure addition reduces N loss from sugarcane compost," *Waste Manag.*, pp. 1–9, 2017.

CDMB, “Plan de gestión ambiental regional 2004 – 2013.” p. 209, 2004.

CHAREST M. and BEAUCHAMP C. J., “Composting of de-inking paper sludge with poultry manure at three nitrogen levels using mechanical turning: behavior of physico-chemical parameters,” *Bioresour. Technol.*, vol. 81, pp. 7–17, 2002.

CHIUMENTI A., CHIUMENTI R., DIAZ L. F., SAVAGE G., EGGERTH L., and GOLDSTEIN N., *Modern Composting Technologies*. Singapore, 2005.

CZEKAŁA W., MALIŃSKA K., CÁCERES R., JANCZAK D., DACH J., and LEWICKI A., “Co-composting of poultry manure mixtures amended with biochar - The effect of biochar on temperature and C-CO<sub>2</sub> emission,” *Bioresour. Technol.*, vol. 200, pp. 921–927, 2016.

DE BERTOLDI M., VALLINI G., and PERA A., “The biology of composting: A review,” *Waste Manag. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 157–176, 1983.

DIAS B. O., SILVA C. A., HIGASHIKAWA F. S., ROIG A., and SÁNCHEZ-MONEDERO M. A., “Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification,” *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 4, pp. 1239–1246, 2010.

DIAZ L. F., DE BERTOLDI M., BIDLINGMAIER W., and STENTIFORD E., *Compost science and technology*, 1st ed. 2007.

DULAC N., *The Organic Waste Flow in Integrated Sustainable Waste Management*. 2001.

EPSTEIN E., *Industrial composting: Environmental engineering and facilities management*. 2011.

FARAH NADIA O., XIANG L. Y., LIE L. Y., CHAIRIL ANUAR D., MOHD AFANDI M. P., and AZHARI BAHARUDDIN S., "Investigation of physico-chemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process," *J. Environ. Sci. (China)*, vol. 28, pp. 81–94, 2015.

GAIND S. and NAIN L., "Exploration of composted cereal waste and poultry manure for soil restoration," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 9, pp. 2996–3003, 2010.

GORDILLO F. and CHAVEZ E., "Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros." *Guyaquil, Ecuador*, p. 10, 2010.

GREENPEACE, "Páramos en Peligro. El caso de la minería de Carbón en Pisba." p. 33, 2013.

HAUG R. T., *The practical handbook of compost engineering*. Boca raton, Florida, 1993.

HUANG G. F., WONG J. W. C., WU Q. T., and NAGAR B. B., "Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust," *Waste Manag.*, vol. 24, no. 8, pp. 805–813, 2004.

HUBBE M. A., NAZHAD M., and SÁNCHEZ C., "Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments: A review," *BioResources*, vol. 5, no. 4, pp. 2808–2854, 2010.

INN, "Norma Chilena de Compost 2880-2004 (NCh 2880-2004), Compost - Clasificación y Requisitos," p. 27, 2004.

INSTITUTO HUMBOLDT C., CORPONOR, and CDMB, “Declaratoria de un área de manejo especial en el páramo de Berlín,” 2008.

IQBAL M. K., SHAFIQ T., and AHMED K., “Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost,” *Bioresour. Technol.*, vol. 101, no. 6, pp. 1913–1919, 2010.

KONTROLGRÜN, “Medición de Calidad. Dispositivo RM82.” .

KREITH F. and TCHOBANOGLOUS G., *Handbook of Solid Waste Management*, vol. 13, no. 6. 2002.

KULCU R., SONMEZ Í., YALDIZ O., and KAPLAN M., “Composting of spent mushroom compost , carnation wastes , chicken and cattle manures,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, pp. 8259–8264, 2008.

LAZCANO C., GÓMEZ-BRANDÓN M., and DOMÍNGUEZ J., “Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure,” *Chemosphere*, vol. 72, no. 7, pp. 1013–1019, 2008.

LI J. T., ZHONG X. L., WANG F., and ZHAO Q. G., “Effect of poultry litter and livestock manure on soil physical and biological indicators in a rice-wheat rotation system,” *Plant, Soil Environ.*, vol. 57, no. 8, pp. 351–356, 2011.

LIU D. et al., “Changes in biochemical and microbiological parameters during the period of rapid composting of dairy manure with rice chaff,” *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 19, pp. 9040–9049, 2011.

LIU N., ZHOU J., HAN L., MA S., SUN X., and HUANG G., “Role and multi-scale characterization of bamboo biochar during poultry manure aerobic composting,” *Bioresour. Technol.*, vol. 241, pp. 190–199, 2017.

LLAMBÍ L. D., SOTO-W A., CÉLLERI R., DE BIEVRE B., OCHOA B., and BORJA P., *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. 2012.

LONDOÑO C., CLEEF A., and MADRIÑÁN S., “Angiosperm flora and biogeography of the páramo region of,” *Flora*, vol. 209, pp. 81–87, 2014.

MACGREGOR S. T., MILLER F. C., PSARIANOS K. M., and FINSTEIN M. S., “Composting Process Control Based on Interaction Between Microbial Heat Output and Temperature,” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 41, no. 6, pp. 1321–1330, 1981.

MANIOS T., “The composting potential of different organic solid wastes : experience from the island of Crete,” vol. 29, pp. 1079–1089, 2004.

OGUNWANDE G. A. and OSUNADE J. A., “Passive aeration composting of chicken litter: Effects of aeration pipe orientation and perforation size on losses of compost elements,” *J. Environ. Manage.*, vol. 92, no. 1, pp. 85–91, 2011.

OVIEDO-OCAÑA E. R. et al., “A systematic approach to evaluate parameter consistency in the inlet stream of source separated biowaste composting facilities: A case study in Colombia,” *Waste Manag.*, 2017.

OVIEDO-OCAÑA E. R. et al., “Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices,” *Waste Manag.*, vol. 44, pp. 63–71, 2015.

OVIEDO-OCAÑA R. et al., "Effect of adding bulking materials over the composting process of municipal solid biowastes," *Chil. J. Agric. Res.*, vol. 75, no. 4, pp. 472–480, 2015.

PEÑARETE W., "Curso de Fundamentos de Suelo. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR). Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle," Santiago de Cali, Colombia, 2011.

PETRIC I. and MUSTAFI N.?, "Dynamic modeling the composting process of the mixture of poultry manure and wheat straw," *J. Environ. Manage.*, vol. 161, pp. 392–401, Sep. 2015.

PETRIC I., HELIĆ A., and AVDIĆ E. A., "Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of municipal solid waste with poultry manure," *Bioresour. Technol.*, vol. 117, pp. 107–116, 2012.

PETRIC I., SESTAN A., and SESTAN I., "Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 87, pp. 206–212, 2009.

PREUSCH P. L., ADLER P. R., SIKORA L. J., and TWORKOSKI T. J., "Nitrogen and Phosphorus Availability in Composted and Uncomposted Poultry Litter," *J. Environ. Qual.*, vol. 31, pp. 2051–2057, 2002.

RESTREPO J., ARDILA E., and GUALDRÓN J., "Plan integral de manejo del distrito de manejo integrado de los recurso naturales. 'páramo de berlín.'" p. 103, 2008.

RIZZO P. F., DELLA TORRE V., RIERA N. I., CRESPO D., BARRENA R., and SÁNCHEZ A., "Co-composting of poultry manure with other agricultural wastes:

process performance and compost horticultural use,” *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, pp. 1–9, 2013.

ROTHENBERGER S., ZURBRÜGG C., ENAYETULLAH I., and SINHA a H. M. M., *Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle- Income Countries*. 2006.

RYNK R. et al., “On-Farm Composting Handbook,” *Monogr. Soc. Res. Child Dev.*, vol. 77, p. 132, 1992.

SUÁREZ C. et al., “Conservación y manejo sostenible del páramo de Berlín – unidad biogeográfica de Santurbán, mediante la declaratoria de un área de manejo especial.”

THOMAS G. V., PALANISWAMI C., PRABHU S. R., GOPAL M., and GUPTA A., “Co-composting of coconut coir pith with solid poultry manure,” *Curr. Sci.*, vol. 104, no. 2, pp. 245–250, 2013.

TRAUTMANN N. M. and KRASNY M. E., *Composting in the Classroom - Scientific Inquiry for high school students*. 1997.

TURAN N. G., “The effects of natural zeolite on salinity level of poultry litter compost,” *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 7, pp. 2097–2101, 2008.

UGWUANYI J. O., HARVEY L. M., and McNEIL B., “Effect of digestion temperature and pH on treatment efficiency and evolution of volatile fatty acids during thermophilic aerobic digestion of model high strength agricultural waste,” *Bioresour. Technol.*, vol. 96, no. 6, pp. 707–719, 2005.

VARNERO M. T., ROJAS C., and ORELLANA R., “Índices de Fitotoxicidad de residuos orgánicos durante el copostaje,” *Rev. Cienc. del Suelo y Nutr. Veg.*, vol. 7, no. 1, pp. 28–37, 2007.

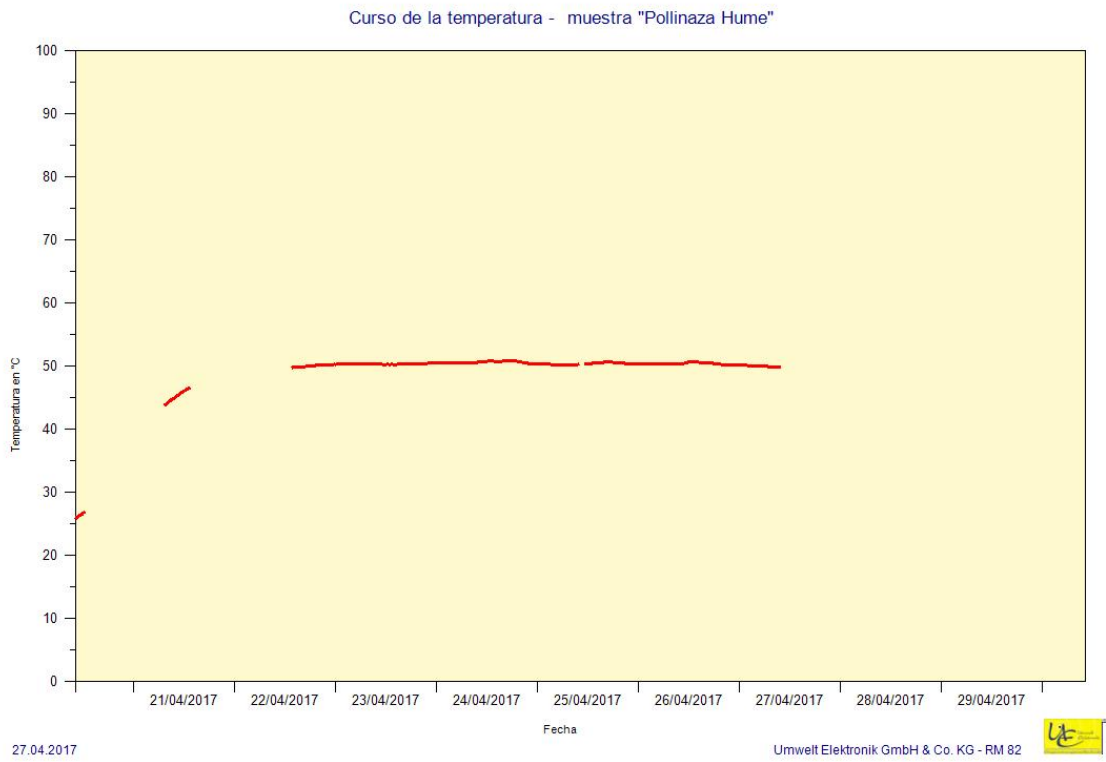
YANG F., LI G., SHI H., and WANG Y., “Effects of phosphogypsum and superphosphate on compost maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting,” *Waste Manag.*, vol. 36, pp. 70–76, 2015.

YOUNG B. J. et al., “Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure,” *Waste Manag.*, vol. 54, pp. 101–109, 2016.

ZHANG L. and SUN X., “Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste,” *Waste Manag.*, vol. 48, pp. 115–126, 2016.

## ANEXOS

### Anexo A. Resultados de la prueba realizada a la pollinaza con el equipo RM 82.



Temperature Rise Above Ambient in C	Official Class of Stability	Descriptors of Class or Group	Major Group
0 –10 <sup>o</sup>	<b>V</b>	Very stable, well-aged compost	Finished Compost
10 –20 <sup>o</sup>	<b>IV</b>	Moderately stable; curing compost	
20 –30 <sup>o</sup>	<b>III</b>	Material still decomposing; active compost	Active Compost
30 –40 <sup>o</sup>	<b>II</b>	Immature, young or very active compost	
40 -50 <sup>o</sup> (or more)	<b>I</b>	Fresh, raw compost, just mixed ingredients	Fresh Compost

## RM 82 - Protocolo de ensayo Determinación del Grado de Degradación

Equipo de prueba:	RottegradMesssystem RM 82
Fabricante:	Umwelt Elektronik GmbH & Co. KG
Serie numero:	1100
Messfühler-No.   Messkanal:	./.   Kanal 1
Responsable a cargo:	.....
Auftragsnummer:	.....
Toma de muestra en:	29/03/2017
Muestra recibida:	30/03/2017
Nombre de la muestra:	Pollinaza Hume
Inicio de registro de datos:	20/04/2017 10:15:27 a.m.
Finalizar el registro de datos:	27/04/2017 10:05:27 a.m. Abbruch durch Benutzer
Temperatura máxima:	50,9°C
alcanzado después de:	4 d, 6 h + 24 min.
Resultado:	<b>Grado de Degradación III</b>
Guardar ruta:	C:\RM82\2017\Pollinaza Hume.xls
Lugar: .....	Fecha: 27/04/2017


.....  
Firma del Auditor:



Umwelt Elektronik GmbH & Co. KG  
Ingenieurgesellschaft  
Seitenstraße 47  
D-73312 GEISLINGEN

<http://www.umwelt-elektronik.de/>

## Anexo B. Informe de resultados de las muestras de pollinaza y residuos de cebolla con diferentes periodos de degradación.

	<b>LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 6	



*\*Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2015, en los parámetros pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas\**



*\*Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 del 2015 para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano\**

Informe de resultados No.	I-17-170	Fecha de emisión:	Abril 17 de 2017
Cliente:	EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA		
Dirección del cliente:	Escuela Ingeniería Civil - UIS		
Solicitud de servicio No.	17-137	No. de muestras:	04
Fecha de recepción de las muestras:	Marzo 30 de 2017		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Marzo 30 de 2017 – Abril 12 de 2017		

### 1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-137-01	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 1 RESIDUOS DE 1 DIA CEBOLLA JUNCA		
Matriz de la muestra:	Residuos Cebolla Junca		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Marzo 29 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH Unidades de pH)	4,84	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	76,92	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	2,31	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,68	Titrimétrico –Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	3,93	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,08	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,17	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	405	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (%Na)	3,06	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,10	Absorción Atómica/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6341000 Ext. 2463, 1469 ,2465, Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com); [labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 2012/01/16 Página 2 de 6	



Informe de resultados No. I-17-170 Solicitud de servicio No. 17-137

## 2. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 17-137-02	<b>Tipo de muestra:</b> Compuesta
<b>Identificación de la muestra:</b> MUESTRA 2 RESIDUOS DE 8 DÍAS DE CEBOLLA JUNCA	
<b>Matriz de la muestra:</b> Residuos Cebolla Junca	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Páramo de Berlín	
<b>Fecha del muestreo:</b> Marzo 29 de 2017	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7,56	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	65,84	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	4,85	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,87	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Genizas (%)	9,03	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio(%K <sub>2</sub> O)	0,15	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,29	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	909	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (%Na)	0,021	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,55	Absorción Atómica/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463, 1469, 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com);  
[labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 6	

Informe de resultados No. 1-17-170 Solicitud de servicio No. 17-137

### 3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-137-03	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 3 RESIDUOS DE 4 MESES (SUPERFICIAL) DE CEBOLLA JUNCA		
Matriz de la muestra:	Residuos Cebolla Junca		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Marzo 29 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7,65	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	55,68	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	2,38	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,79	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	11,82	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,17	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,41	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	392	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (%Na)	9,9	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	2,78	Absorción Atómica/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463, 1469, 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com);  
[labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16 Página 4 de 6	

Informe de resultados No. I-17-170 Solicitud de servicio No. 17-137

#### 4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-137-04	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 4 RESIDUOS DE 4 MESES (ENTERRADA) DE CEBOLLA JUNCA		
Matriz de la muestra:	Residuos de Cebolla Junca		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Paramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Marzo 29 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,10	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	62,49	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	4,07	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,92	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	8,56	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,14	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,26	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	1399	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (%Na)	3,65	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,34	Absorción Atómica/ NTC 5167

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 2012/01/18 Página 5 de 6	



Informe de resultados No. 1-17-170 Solicitud de servicio No. 17-137

### 5. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 17-137-05	<b>Tipo de muestra:</b> Compuesta
<b>Identificación de la muestra:</b> MUESTRA 5 POLLINAZA	
<b>Matriz de la muestra:</b> Residuos de Pollinaza	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Paramo de Berlín	
<b>Fecha del muestreo:</b> Marzo 29 de 2017	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,71	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	24,54	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	11,88	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,03	Titrimétrico -Kjeldhal/NTC 370
Cenizas (%)	15,60	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	1,60	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,06	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	6,34	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (%Na)	0,30	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	1,47	Absorción Atómica/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463, 1469, 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com);  
[labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 2012/01/16 Página 6 de 6	

Informe de resultados No. I-17-170 Solicitud de servicio No. 17-137

Observaciones: *Ninguna*

**Nota 1:** Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

**Nota 2:** En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

**Estimado cliente:** Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:

  
 Luz Yolanda Vargas Fiallo  
 Directora del Laboratorio  
 Química. M.Sc Química UIS  
 MP PQ 1144

Elaboró: Amparo López Guerrero

**Anexo C. Informe de resultados de las muestras de estiércol ovino fresco y antiguo, estiércol bovino fresco y antiguo, residuos orgánicos y residuos de papa.**

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALÍTICO</b>	<b>Versión:</b> 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 2012/01/16 <b>Página</b> 1 de 4	



"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2015, en los parámetros pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas"



"Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 del 2015 para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"

<b>Informe de resultados No.</b>	<b>I-17-283</b>	<b>Fecha de emisión:</b>	<b>Junio 08 de 2017</b>
<b>Cliente:</b>	<b>EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA</b>		
<b>Dirección del cliente:</b>	<b>Escuela Ingeniería Civil - UIS</b>		
<b>Solicitud de servicio No.</b>	<b>17-217</b>	<b>No. de muestras:</b>	<b>06</b>
<b>Fecha de recepción de las muestras:</b>	<b>Mayo 18 de 2017</b>		
<b>Muestras recibidas por:</b>	<b>Amparo López</b>		
<b>Fecha de análisis:</b>	<b>Mayo 18 de 2017 - Junio 08 de 2017</b>		

**1. ANALISIS FISICOQUIMICO**

<b>Codificación de la Muestra:</b>	<b>17-217-01</b>	<b>Tipo de muestra:</b>	<b>Compuesta</b>
<b>Identificación de la muestra:</b>	<b>MUESTRA 1 RESIDUOS ESTIERCOL BOVINO FRESO</b>		
<b>Matriz de la muestra:</b>	<b>Residuos Estiércol Bovino Fresco</b>		
<b>Muestreo realizado por:</b>	<b>El Cliente</b>		
<b>Lugar y punto de muestreo:</b>	<b>Páramo de Berlín</b>		
<b>Fecha del muestreo:</b>	<b>Mayo 17 de 2017</b>		

<b>PARÁMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>MÉTODO/ NORMA</b>
pH Unidades de pH)	7,94	Potenciométrico/NTC 5187
Humedad (%)	83,50	Gravimétrico/NTC 5187
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	4,09	Espectrofotométrico/NTC 5187
Nitrógeno Total (%N)	1,28	Titrimétrico –Kjeldahl/NTC 370

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 4	

Informe de resultados No. I-17-283 Solicitud de servicio No. 17-217

## 2. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-217-02	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	<b>MUESTRA 2 RESIDUOS ESTIERCOL BOVINO ANTIGUO</b>		
Matriz de la muestra:	Residuos Estiércol Bovino Antiguo		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,28	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	78,48	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	4,30	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,44	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370

## 3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-217-03	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	<b>MUESTRA 3 RESIDUOS ESTIERCOL OVINO FRESCO</b>		
Matriz de la muestra:	Residuos Estiércol Ovino Fresco		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,33	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	74,54	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	6,43	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,11	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463, 1469, 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com);  
[labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 4	

Informe de resultados No. I-17-283 Solicitud de servicio No. 17-217

#### 4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-217-04	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 4 RESIDUOS ESTIERCOL OVINO ANTIGUO		
Matriz de la muestra:	Residuos Estiércol Ovino Antiguo		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,65	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	77,68	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	5,69	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,37	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370

#### 5. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-137-05	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 5 RESIDUOS ORGANICOS		
Matriz de la muestra:	Residuos Orgánicos		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,16	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	80,40	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	3,62	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	0,91	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463, 1469, 2465. Telefax: (7) 6349009  
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com)  
[labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
 Bucaramanga - Colombia

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALÍTICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/18 Página 4 de 4	

Informe de resultados No. I-17-283 Solicitud de servicio No. 17-217

## 6. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-217-06	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 6 RESIDUOS DE PAPA		
Matriz de la muestra:	Residuos de Papa		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Mayo 17 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,89	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	74,36	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	6,35	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	0,52	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370

Observaciones: *Ninguna*

**Nota 1:** Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

**Nota 2:** En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

**Estimado cliente:** Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:

**Luz Yolanda Vargas Fiallo**  
Directora del Laboratorio  
Química. M.Sc Química UIS  
MP PQ 1144

Elaboró: Amparo López Guerrero

---

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463, 1469, 2465. Telefax: (7) 6349009  
Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [labquimco@gmail.com](mailto:labquimco@gmail.com);  
[labquimco@uis.edu.co](mailto:labquimco@uis.edu.co)  
Bucaramanga - Colombia

#### Anexo D. Balance de masa realizado con valores teóricos.

En el compostaje, cuando se van a mezclar dos materiales o más, es necesario conocer las proporciones de material que se deben usar teniendo en cuenta parámetros iniciales como humedad y relación C/N. Trautmann & Krasny [31] proponen las siguientes ecuaciones:

✓ **Para humedad:**

$$G = \frac{(W_1 \times M_1) + (W_2 \times M_2) + (W_3 \times M_3) + \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots}$$

En donde:

$G$  = Humedad deseada (%)

$W_n$  = Masa del material n (Peso húmedo)

$M_n$  = Porcentaje de humedad (%) del material n

✓ **Para contenido C/N**

$$R = \frac{W_1 [C_1 \times (100 - M_1)] + W_2 [C_2 \times (100 - M_2)] + W_3 [C_3 \times (100 - M_3)] + \dots}{W_1 [N_1 \times (100 - M_1)] + W_2 [N_2 \times (100 - M_2)] + W_3 [N_3 \times (100 - M_3)] + \dots}$$

En donde:

$R$  = Relación C/N de la mezcla

$W_n$  = Masa del material n (Peso húmedo)

$C_n$  = Carbono (%) del material n

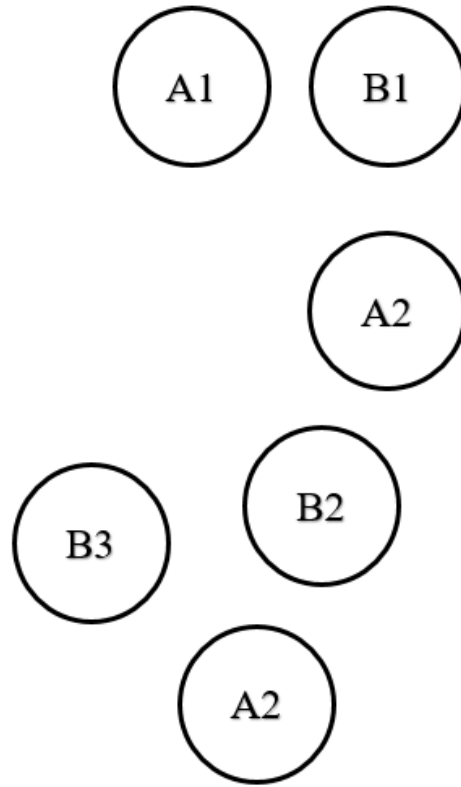
$N_n$  = Nitrógeno (%) del material n

$M_n$  = Porcentaje de humedad (%) del material n

<b>Parámetros</b>	<b>Pollinaza</b>	<b>Residuos orgánicos [60]</b>	<b>Aserrín [28]</b>	<b>Cebolla 8 días</b>
<b>pH</b>	8,71	7,90	5,31	7,56
<b>Humedad (%)</b>	24,54	76,70	10,03	65,84
<b>COT (%)</b>	15,74	32,50	55,50	14,20
<b>NT (%)</b>	2,03	1,24	0,28	1,87
<b>C/N</b>	7,76	26,20	198,21	7,59

<b>Condiciones iniciales</b>	
<b>TRATAMIENTO A</b>	
<b>Pollinaza + R. orgánicos + Aserrín</b>	
Humedad	43,81
C/N	20,45
Masa Pollinaza [Kg]	43,10
Masa R. orgánicos [Kg]	42,00
Masa Aserrín [Kg]	16,30
Peso total [Kg]	101,40
<b>Condiciones iniciales</b>	
<b>TRATAMIENTO B</b>	
<b>Pollinaza + Cebolla + Aserrín</b>	
Humedad	35,38
C/N	12,76
Masa Pollinaza [Kg]	52,60
Masa R. Cebolla [Kg]	32,30
Masa Aserrín [Kg]	16,30
Peso total [Kg]	101,20

**Anexo E. Disposición de las pilas en el área experimental.**



**Anexo F. Planillas de registros del monitoreo de las pilas.**

**"EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE MATERIALES DE ENMIENDA Y DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN, SANTANDER"**

**Fecha:** 02-jun-17  
**Responsable:** Angélica Hernández

**Pila:** A1

**Composición:** *Residuos orgánicos, pollinaza y aserrín.*

**Peso:** 101 Kg

**Hora de montaje:** 10:40 am

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
02-jun-17	0	16	25	19	20	20	21	8.76	48.60	20	79	2.05	X
03-jun-17	1	15	28	20	22	27	27	8.38			1	2.23	X
04-jun-17	2	11	42										
05-jun-17	3	10	51	43	47	47	54						X
06-jun-17	4	4	55	35	40	42	43	8.78	53.93			3.25	
07-jun-17	5	8	50	30	27	30	32			12	20		X
08-jun-17	6	7	58	39	41	43	40						
09-jun-17	7	10	50	34	30	34	28				24		X
10-jun-17	8	9	50	36	35	44	36	9.17				2.82	
11-jun-17	9	8	54										
12-jun-17	10	10	57	35	28	25	24						
13-jun-17	11	10	48	29	28	28	26						
14-jun-17	12	16	47	28	30	40	35			8			X
15-jun-17	13	13	39	25	27	23	32	8.91	60.23			2.77	

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
16-jun-17	14	10	54	38	35	43	44						X
17-jun-17	15	7	53	36	35	34	36						
18-jun-17	16	15	55										
19-jun-17	17	9	57	34	30	38	35						
20-jun-17	18	18	44	30	25	26	26						
21-jun-17	19	17	30	26	24	21	20			8	71		X
22-jun-17	20	9	31	24	23	20	23	9.02	60.78			2.75	
23-jun-17	21	12	34	23	20	20	20						
24-jun-17	22	7	36	23	19	18	21						
25-jun-17	23	12	36										
26-jun-17	24	11	33	25	26	25	27						
27-jun-17	25	5	28	20	18	19	21	8.96	53.68			2.54	
28-jun-17	26	15	28	15	18	20	20				80		
29-jun-17	27	10	16										X
30-jun-17	28	12	27	18	15	15	15				79		
01-jul-17	29	9	22	17	20	19	20						
02-jul-17	30	11	21										
03-jul-17	31	10	22										
04-jul-17	32	8	22	18	14	19	15			8	83		X
05-jul-17	33	8	19	15	14	14	14						
06-jul-17	34	6	21	13	15	12	12						
07-jul-17	35	10	18	13	14	15	12						
08-jul-17	36	9	19	15	15	14	15		59.88				
09-jul-17	37	9	20										

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
10-jul-17	38	5	19	14	13	13	14						
11-jul-17	39	6	18	14	14	13	11	9.31	42.99			2.18	
12-jul-17	40	5	19	13	12	12	14						
13-jul-17	41	11	18	13	11	13	13			8	88		X
14-jul-17	42	9	17	12	11	11	11						

**"EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE MATERIALES DE ENMIENDA Y DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN, SANTANDER"**

**Fecha:** 02-jun-17      **Pila:** A2      **Composición:** *Residuos orgánicos, pollinaza y aserrín.*      **Peso:** 101 Kg  
**Responsable:** Angélica Hernández      **Hora de montaje:** 1:20 pm

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
02-jun-17	0	16	27	15	17	18	18			20	82		X
03-jun-17	1	15	28	25	30	25	30	8.45			20	3.03	X
04-jun-17	2	11	41										
05-jun-17	3	10	56	44	49	53	48						X
06-jun-17	4	4	60	45	40	44	39	8.59	50.89			3.98	
07-jun-17	5	8	56	37	38	37	37			12	25		X
08-jun-17	6	7	60	46	32	45	37						

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
09-jun-17	7	10	46	31	30	29	28						X
10-jun-17	8	9	50	36	36	38	37	8.95	62.86			3.13	
11-jun-17	9	8	55										
12-jun-17	10	10	59	30	28	33	34						
13-jun-17	11	10	56	30	32	33	33						
14-jun-17	12	16	56	44	44	29	37			8			X
15-jun-17	13	13	47	31	34	28	37						
16-jun-17	14	10	50	40	39	36	35						X
17-jun-17	15	7	48	33	30	32	34	8.36	55.9			2.75	
18-jun-17	16	15	53										
19-jun-17	17	9	56	36	37	34	36						
20-jun-17	18	18	48	33	31	32	33						
21-jun-17	19	17	41	32	33	26	30				53		
22-jun-17	20	9	36	33	28	26	29	9.32	61.02	8		2.6	X
23-jun-17	21	12	33	23	20	21	22						
24-jun-17	22	7	34	24	22	19	23						
25-jun-17	23	12	34										
26-jun-17	24	11	34	24	24	23	24						
27-jun-17	25	5	27	20	16	16	19						
28-jun-17	26	15	22	21	17	18	18				81		
29-jun-17	27	10	18					9.2	60.75			2.97	X
30-jun-17	28	12	20	18	17	18	17						
01-jul-17	29	9	25	18	16	17	15				91		

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
02-jul-17	30	11	22										
03-jul-17	31	10	24										
04-jul-17	32	8	27	19	18	18	16			8	89		X
05-jul-17	33	8	21	15	15	14	13						
06-jul-17	34	6	20	14	17	16	15						
07-jul-17	35	10	22	17	16	17	18						
08-jul-17	36	9	24	17	18	18	17		60.26				
09-jul-17	37	9	22										
10-jul-17	38	5	24	18	17	18	16						
11-jul-17	39	6	22	17	17	17	16	9.12	38.77			5.09	
12-jul-17	40	5	22	18	16	15	16						
13-jul-17	41	11	20	13	12	13	14			8	85		X
14-jul-17	42	9	19	15	14	14	16						

**"EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE MATERIALES DE ENMIENDA Y DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN, SANTANDER"**

**Fecha:** 02-jun-17  
**Responsable:** Angélica Hernández

**Pila:** A3  
**Hora de montaje:** 12:20 pm

**Composición:** *Residuos orgánicos, pollinaza y aserrín.*

**Peso:** 101 Kg

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno	CE (mS/cm)	Volteo
02-jun-17	0	16	22	18	16	18	18			20	94		X
03-jun-17	1	15	28	23	24	23	23	8.39			48	2.87	
04-jun-17	2	11	54										
05-jun-17	3	10	60	51	51	53	50						X
06-jun-17	4	4	47	40	32	37	29	8.03	56.36			2.35	
07-jun-17	5	8	54	36	35	35	29			12	24		X
08-jun-17	6	7	58	36	38	40	33						
09-jun-17	7	10	42	22	30	29	30						X
10-jun-17	8	9	48	30	37	39	40	8.92				2.73	
11-jun-17	9	8	50										
12-jun-17	10	10	51	29	30	28	35						
13-jun-17	11	10	54	33	30	25	31	9.85				3.44	
14-jun-17	12	16	55	35	41	32	26			8			X
15-jun-17	13	13	42	27	23	37	38						
16-jun-17	14	10	54	29	28	35	40						
17-jun-17	15	7	56	44	40	7	42						

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno	CE (mS/cm)	Volteo
18-jun-17	16	15	55										
19-jun-17	17	9	54	33	31	31	32						
20-jun-17	18	18	42	28	28	29	30						
21-jun-17	19	17	33	24	24	28	22			8	58		X
22-jun-17	20	9	31	25	23	23	25	8.88	63.88			2.37	
23-jun-17	21	12	38	25	22	22	23						
24-jun-17	22	7	42	26	23	24	21						
25-jun-17	23	12	36										
26-jun-17	24	11	34	24	22	23	24						
27-jun-17	25	5	30	21	20	22	23						
28-jun-17	26	15	24	18	21	21	17				78		
29-jun-17	27	10	19					9.35	58.34			2.27	X
30-jun-17	28	12	27	17	16	17	17				80		
01-jul-17	29	9	24	16	15	14	16						
02-jul-17	30	11	22										
03-jul-17	31	10	22										
04-jul-17	32	8	22	18	15	16	16			8	83		X
05-jul-17	33	8	17	12	13	14	14						
06-jul-17	34	6	19	14	13	13	15						
07-jul-17	35	10	20	15	14	15	14						
08-jul-17	36	9	20	14	13	15	14		63.15				
09-jul-17	37	9	17										
10-jul-17	38	5	19	14	13	14	13						

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno	CE (mS/cm)	Volteo
11-jul-17	39	6	18	14	14	13	11	9.09	41.74			2.09	
12-jul-17	40	5	20	13	14	12	12						
13-jul-17	41	11	18	14	12	13	12			8	97		X
14-jul-17	42	9	17	13	12	14	13						

**"EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE MATERIALES DE ENMIENDA Y DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN, SANTANDER"**

**Fecha:** 02-jun-17

**Pila:** B1

**Composición:** *Residuos de cebolla,* **Peso:** 101 Kg

**Responsable:** Angélica

**Hora de montaje:** 11:10

*pollinaza y aserrín.*

Hernández

am

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
02-jun-17	0	16	27	20	19	14	17	8.71	36.9	26	92	3.61	X
03-jun-17	1	15	27	18	16	18	16	8.50			51	3.17	
04-jun-17	2	11	51										
05-jun-17	3	10	51	34	30	31	33						X
06-jun-17	4	4	58	44	49	50	50	8.43	52.17			3.03	
07-jun-17	5	8	44	25	30	30	29			16	43		X
08-jun-17	6	7	51	37	28	29	38						
09-jun-17	7	10	42	28	24	27	19				52		X

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
10-jun-17	8	9	50	34	34	33	30	9.32				3.19	
11-jun-17	9	8	51										
12-jun-17	10	10	51	32	28	26	26						
13-jun-17	11	10	42	30	27	27	28						
14-jun-17	12	16	38	22	28	22	22			8			X
15-jun-17	13	13	36	20	27	28	28						
16-jun-17	14	10	42	36	35	29	32						
17-jun-17	15	7	50	34	30	32	31	8.39				3.76	
18-jun-17	16	15	49										
19-jun-17	17	9	48	30	32	35	32						
20-jun-17	18	18	48	25	27	28	29						
21-jun-17	19	17	34	22	28	28	27			8	70		X
22-jun-17	20	9	28	22	23	22	24	8.96	58.65			2.84	
23-jun-17	21	12	36	24	23	25	25						
24-jun-17	22	7	38	26	25	28	24						
25-jun-17	23	12	31										
26-jun-17	24	11	28	25	27	24	28						
27-jun-17	25	5	34	24	25	25	26	8.73	53.24			2.81	
28-jun-17	26	15	24	20	22	21	18				83		
29-jun-17	27	10	18										X
30-jun-17	28	12	28	20	19	18	17				77		
01-jul-17	29	9	28	19	8	18	20						
02-jul-17	30	11	19										

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
03-jul-17	31	10	19										
04-jul-17	32	8	19	11	14	13	13			8	89		X
05-jul-17	33	8	18	13	12	13	12						
06-jul-17	34	6	18	12	13	12	13						
07-jul-17	35	10	19	13	12	10	11						
08-jul-17	36	9	18	10	12	10	11		55.68				
09-jul-17	37	9	16										
10-jul-17	38	5	17	12	11	12	11						
11-jul-17	39	6	17	12	11	10	12	8.34	48.15			4.19	
12-jul-17	40	5	17	11	10	11	10						
13-jul-17	41	11	17	11	10	11	10			8	95		X
14-jul-17	42	9	15	11	10	10	10						

**"EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE MATERIALES DE ENMIENDA Y DE LOS RESIDUOS  
PROVENIENTES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN, SANTANDER"**

**Fecha:** 02-jun-17  
**Responsable:** Angélica  
Hernández

**Pila:** B2

**Composición:** *Residuos de cebolla,  
pollinaza y aserrín.*

**Peso:** 101 Kg

**Hora de montaje:** 1:00 pm

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
02-jun-17	0	16	27	22	25	24	25			26	76		X
03-jun-17	1	15	28	23	23	21	24	8.58			10	3.07	X
04-jun-17	2	11	46										
05-jun-17	3	10	60	46	46	46	44						X
06-jun-17	4	4	60	53	55	56	52	8.41	45.2			3.77	
07-jun-17	5	8	41	28	29	28	31			16	47		X
08-jun-17	6	7	58	37	33	35	40						
09-jun-17	7	10	34	21	23	28	25						X
10-jun-17	8	9	41	25	30	28	35	9.37	57.89			3.26	
11-jun-17	9	8	46										
12-jun-17	10	10	51	33	28	33	30						
13-jun-17	11	10	50	34	27	31	29						
14-jun-17	12	16	41	30	32	34	30			8			X
15-jun-17	13	13	46	25	27	40	38	8.86	62.53			4.01	
16-jun-17	14	10	47	34	30	35	36						

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
17-jun-17	15	7	46	33	34	34	32						
18-jun-17	16	15	45										
19-jun-17	17	9	44	31	27	30	29						
20-jun-17	18	18	44	30	28	27	30						
21-jun-17	19	17	33	28	21	24	22			8	68		X
22-jun-17	20	9	34	25	25	24	21	9.11	58			2.89	
23-jun-17	21	12	41	26	27	29	25						
24-jun-17	22	7	42	29	25	30	26						
25-jun-17	23	12	25										
26-jun-17	24	11	34	21	22	24	24						
27-jun-17	25	5	33	22	20	22	23						
28-jun-17	26	15	28	21	21	22	23				82		
29-jun-17	27	10	19					8.95	59.31			4.2	X
30-jun-17	28	12	28	18	19	19	18						
01-jul-17	29	9	30	20	19	19	18				86		
02-jul-17	30	11	20										
03-jul-17	31	10	21										
04-jul-17	32	8	22	15	15	15	15			8	89		X
05-jul-17	33	8	19	14	12	14	13						
06-jul-17	34	6	19	15	16	15	14						
07-jul-17	35	10	19	14	13	15	14						
08-jul-17	36	9	20	14	15	14	15		56.05				
09-jul-17	37	9	17										
10-jul-17	38	5	18	12	12	14	15						

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
11-jul-17	39	6	17	12	12	13	12	8.72	34.06			2.51	
12-jul-17	40	5	16	11	12	11	10						
13-jul-17	41	11	17	10	9	11	10			8	93		X
14-jul-17	42	9	16	11	12	11	11						

**"EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE MATERIALES DE ENMIENDA Y DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN, SANTANDER"**

**Fecha:** 02-jun-17  
**Responsable:** Angélica Hernández

**Pila:** B3

**Composición:**

*Residuos de cebolla, pollinaza y aserrín.*

**Peso:** 101 Kg

**Hora de montaje:** 12:40 pm

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
02-jun-17	0	16	28	19	18	17	20			26	79		X
03-jun-17	1	15	36	20	22	21	23	8.35			25	3.59	X
04-jun-17	2	11	47										
05-jun-17	3	10	56	49	46	46	43						X
06-jun-17	4	4	58	41	53	52	54	8.35	51.05			3.61	
07-jun-17	5	8	57	39	43	39	39			16	25		X

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
08-jun-17	6	7	60	42	43	35	37						
09-jun-17	7	10	42	29	39	30	31						X
10-jun-17	8	9	50	37	36	34	37	9.22					
11-jun-17	9	8	51										
12-jun-17	10	10	53	35	34	31	30						
13-jun-17	11	10	55	35	33	37	32	9.77	52.29			3.9	
14-jun-17	12	16	56	30	39	36	35			8			X
15-jun-17	13	13	50	33	37	41	34						
16-jun-17	14	10	48	38	40	45	40						
17-jun-17	15	7	51	38	41	40	39						
18-jun-17	16	15	53										
19-jun-17	17	9	55	37	38	37	35						
20-jun-17	18	18	48	35	31	34	35						
21-jun-17	19	17	38	23	29	27	33				65		
22-jun-17	20	9	34	28	30	30	25	9.2	58.83	8		2.84	X
23-jun-17	21	12	31	24	25	24	26						
24-jun-17	22	7	36	28	29	25	29						
25-jun-17	23	12	30										
26-jun-17	24	11	34	24	25	26	27						
27-jun-17	25	5	33	24	23	24	22						
28-jun-17	26	15	28	24	21	23	21				80		
29-jun-17	27	10	16					9.03	52.88			3.43	X
30-jun-17	28	12	21										

Fecha	Día proceso	TA	T1	T2	T3	T4	T5	pH	Humedad (%)	Agua adicionada (L)	Concentración de Oxígeno (%)	CE (mS/cm)	Volteo
01-jul-17	29	9	28	18	17	17	17				88		
02-jul-17	30	11	21										
03-jul-17	31	10	22										
04-jul-17	32	8	24	16	16	15	17			8	85		X
05-jul-17	33	8	21	16	16	15	15						
06-jul-17	34	6	25	18	17	19	17						
07-jul-17	35	10	24	19	17	18	19						
08-jul-17	36	9	22	17	17	16	17		54.12				
09-jul-17	37	9	17										
10-jul-17	38	5	17	11	16	12	11						
11-jul-17	39	6	17	13	12	13	11	8.57	42.17			2.22	
12-jul-17	40	5	16	11	11	10	12						
13-jul-17	41	11	16	10	11	10	10			8	94		X
14-jul-17	42	9	16	10	11	11	11						