

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE CEBOLLA  
JUNCA, POLLINAZA FRESCA Y OTROS MATERIALES ORGÁNICOS**

**LAURA DANIELA AREVALO SANCHEZ**

**BERTHA PAOLA MENESES ARIZA**

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

**Director: EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA**

**PhD. en Ingeniería, énfasis en ingeniería sanitaria y ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS**

**ESCUELA INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2017**

### **Dedicatoria**

Principalmente a Dios que me ha iluminado en el camino, dándome entendimiento y sabiduría para tomar buenas decisiones. A mi madre Rosalba Ariza Domínguez por el acompañamiento y apoyo incondicional durante toda mi vida. Ella es la razón de mi ser y el motivo por el cual me levanto cada día. A mi hermana, sobrina y en general a los familiares que hicieron posible que yo pudiera culminar mi proceso académico. Agradezco a todas las personas que fueran partícipes de esta meta cumplida.

Bertha Paola Meneses Ariza

### **Dedicatoria**

A Dios primeramente porque a él le debo todo, él es mi apoyo incondicional. A mis padres por el apoyo y amor que siempre me han brindado, por su constante lucha para poder suplir todos mis gastos de estudio. A mis hermanos, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y triunfo.

Laura Daniela Arévalo Sánchez

### **Agradecimientos**

Al proyecto “Evaluación del compostaje de materiales de enmienda y de los residuos provenientes del cultivo de la cebolla junca en el páramo de Berlín” que es realizado por el grupo de investigación En Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental (GPH) de la Universidad Industrial de Santander y La Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB.

A nuestro director de proyecto Edgar Ricardo Oviedo Ocaña por su compromiso y acompañamiento durante el proyecto.

A las personas del municipio de Berlín-Santander por su ayuda y disposición.

A nuestra compañera Angélica Hernández por su colaboración durante el proyecto.

**Tabla de contenido**

Introducción .....	14
1. Marco teórico .....	16
1.2. Proceso de compostaje .....	16
1.2.1. Etapa mesofílica: .....	16
1.2.1. Etapa termofílica: .....	17
1.2.2. Etapa de Enfriamiento y Maduración.....	17
1.3. Parámetros físico químicos del compostaje. ....	18
1.3.1. Temperatura: .....	18
1.3.2. Hmedad: .....	18
1.3.3. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N): .....	18
1.3.4. pH: .....	18
2. Estado del arte .....	20
3. Objetivos .....	23
4. Metodología .....	24
5. Resultados y discusión .....	34
5.2. Desarrollo del proceso de compostaje.....	35
5.2.1. Temperatura .....	35
5.2.2. Humedad .....	37
5.2.3. Conductividad eléctrica.....	38
5.2.4. pH.....	39
5.2.5. Concentración de oxígeno.....	40
5.3. Pruebas de estabilidad y madurez. ....	41
5.3.1. Análisis de olor y color. ....	41
5.3.2. Índice de germinación. ....	42
6. Conclusiones .....	44
7. Recomendaciones.....	44
Referencias bibliográficas .....	46
Apéndices.....	54

**Lista de tablas**

Tabla1. Características fisicoquímicas de los sustratos.....	20
Tabla2. Parámetros iniciales de residuos de cebolla junca y pollinaza.....	26
Tabla3:parámetros físico- químicos usados para iniciar el proceso de compostaje.....	28
Tabla4: Condiciones iniciales de cada pila (relación carbono-nitrógeno, humedad y peso de los sustratos).....	28
Tabla5:Resultadosdel análisis físico- químico inicial.....	35

**Lista de figuras**

Figura1. Recolección de muestras.....	25
Figura2. Localización de depósito de las pilas.....	29
Figura3. Distribución de las pilas.....	30
Figura4. Tipos de tratamientos.....	30
Figura5. Toma de temperatura.....	31
Figura6. Equipos para medir humedad y pH.....	32
Figura7. Distribución de las cajas Petri.....	33
Figura8: Comportamiento de la temperatura de las pilas B y C.....	36
Figura9. Comportamiento de la Humedad de las pilas B y C.....	37
Figura10: Comportamiento de la conductividad eléctrica de las pilas B y C.....	39
Figura11 Comportamiento del pH de las pilas B y C.....	40
Figura12. Comportamiento de la concentración de oxígeno de pilas B y C.....	41
Figura13. Índice de germinación de cada pila.....	43

## Apéndices

ApéndiceA: Descripción de estudios de compostaje con pollinaza .....	54
ApéndiceB:Descripción de estudios de compostaje con cebolla junca.....	55
ApéndiceC:Análisis fisicoquímicos de los residuos de cebolla junca y pollinaza.....	56
Apéndice D: Análisis fisicoquímicos de estiércol bovino, ovino, residuos orgánicos y de papa..	61
Apéndice E: Análisis fisicoquímicos de pollinaza, residuos de cebolla junca y aserrín.....	65

## Resumen

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE CEBOLLA JUNCA, POLLINAZA FRESCA Y OTROS MATERIALES ORGÁNICOS.

**AUTORES:** LAURA DANIELA AREVALO SANCHEZ

BERTHA PAOLA MENESES ARIZA

**PALABRAS CLAVE:** Compostaje, pollinaza, residuos de cebolla junca, madurez.

El páramo de Berlín está ubicado en el departamento de Santander. La actividad agrícola es el sustento para muchas familias, pero la mala implementación de los materiales aplicados para fertilizar (Pollinaza) y los residuos de cebolla junca generados de la postcosecha que son dejados a la intemperie, están ocasionando problemas en los recursos naturales. Con el propósito de contribuir a identificar estrategias para minimizar los impactos asociados al cultivo de la cebolla junca y de esta manera, mejorar las prácticas agrícolas de las familias que derivan su sustento de esta actividad, en este proyecto se analizará el proceso de compostaje de la pollinaza y la cebolla junca. Para tal efecto, se definieron dos tratamientos (TB= Residuos de cebolla junca, pollinaza fresca y aserrín y TC= Residuos de cebolla junca y aserrín) y cada uno por triplicado para iniciar el proceso de compostaje. Se hizo seguimiento al proceso durante aproximadamente 50 días, midiendo temperatura diariamente y pH, conductividad eléctrica, saturación de oxígeno y humedad semanalmente. Las pilas B tuvieron un comportamiento de temperatura típico. El tratamiento C tuvo un comportamiento atípico posiblemente a que la materia orgánica presente en este no supliera las necesidades para una reproducción de microorganismos. El proceso de compostaje no ha finalizado, sin embargo, se hicieron pruebas de estabilidad, caracterizando el olor y color de las muestras de cada pila y madurez realizando el bioensayo de germinación. Los resultados señalaron que el tratamiento C está maduro e inestable.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

**Abstract**

**TITLE:** EVALUATION OF THE PROCESS OF COMPOSTING SCALLIONS WASTE, FRESH POULTRY MANURE AND OTHER ORGANIC MATERIALS.

**AUTHORS:** LAURA DANIELA AREVALO SANCHEZ

BERTHA PAOLA MENESES ARIZA

**KEY WORDS:** Composting, poultry manure, allium fistulosum residues, maturity.

The Berlin paramo is located in the Santander department. Agricultural activity is the livelihood for many families, but the bad implementation of fertilizer materials (Poultry manure) and the green onion waste from the post-harvest that are left in the open, are causing problems in the natural resources. In order to contribute to the identification of strategies to minimize the impacts associated with the cultivation of green onions and to improve the agricultural practices of families that derive their livelihood from this activity, two treatments were defined in this project (TB = green onions waste, fresh poultry manure and sawdust and TC = green onions waste and sawdust) and each in triplicate to start the composting process. The process was monitored for approximately 50 days, temperature was measured daily and pH, electrical conductivity, oxygen saturation and humidity once a week. Pile B had a typical temperature behavior. The treatment C had an atypical behavior possibly that the organic matter present in this did not meet the needs for a reproduction of microorganisms. The composting process has not finished; however, stability tests were performed, characterizing the odor and color of the samples of each pile and maturity by performing the germination bioassay. The results indicated that treatment C is mature and unstable.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

## Introducción

El páramo de Berlín está ubicado entre la vía Bucaramanga - Pamplona, se encuentra a 3000 msnm y tiene una temperatura entre los 8 y 10 °C. Se caracteriza por su riqueza mineral e hídrica y por sus valiosos ecosistemas que contienen abundante vegetación. El páramo de Berlín es considerado un hábitat estratégico para la región nororiental, debido a que cumple una función abastecedora de agua a la zona metropolitana de Bucaramanga (Santander) y Cúcuta (Norte de Santander) (Alcaldía de Tona, 2016).

La Corporación autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y La Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR) junto con los entes gubernamentales de los dos departamentos implicados, desarrollaron en 2008 un plan de manejo ambiental que establece las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, rehabilitar y compensar los impactos negativos que cause el desarrollo de un proyecto, obra o actividad (Restrepo et al. 2008). Este Plan estaba enfocado al distrito de manejo integrado de los recursos naturales del páramo de Berlín (DMI). Según el decreto 1974 de 1989, un DMI es definido como un espacio de la biósfera que, por razón de factores ambientales o socioeconómicos, se delimita para que dentro de los criterios del desarrollo sostenible se ordene, planifique y regule el uso y manejo de los recursos naturales renovables y las actividades económicas que allí se desarrollen.

Son aproximadamente 625 familias quienes viven del cultivo de cebolla junca en el páramo de Berlín (Corzo et al.,2014). Son 4,328 hectáreas (9.78%) de cultivo y por 560 ha se producen 40,320 ton de cosecha (Restrepo et al. 2008). De acuerdo con la ley 1753 de 2015 por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”, el artículo 173 (Protección y delimitación de páramos) aconseja no tener ninguna practica agrícola para

conservar la biodiversidad, paisajes y lagunas. La actividad agropecuaria dentro del páramo ha generado preocupaciones a los entes gubernamentales involucrados. Con el fin de aminorar los impactos ambientales, las corporaciones autónomas (i.e. CDMB) han depositado fondos en investigación, capacitación a los cultivadores, entre otras actividades.

La aplicación inadecuada de la pollinaza fresca como fertilizante para el suelo durante el proceso de cultivo de la cebolla junca puede afectar a largo plazo las propiedades fisicoquímicas del suelo. Adicionalmente, los residuos generados en el proceso de postcosecha quedan a la intemperie y acumulados sobre las riberas de cauces, que afectan la calidad de estas fuentes. El mal empleo de esta materia orgánica también está afectando el suelo cultivado.

Con el propósito de contribuir e identificar estrategias para minimizar los impactos asociados al cultivo de la cebolla junca y de esta manera, mejorar las prácticas agrícolas de las familias que derivan su sustento de esta actividad, en este proyecto se evaluó el proceso, la estabilidad y madurez del producto del compostaje realizado con residuos del cultivo de cebolla junca, la pollinaza fresca empleada en el proceso de cultivo y otros materiales orgánicos que complementen a estos dos sustratos durante un lapso de tiempo de aproximadamente 2 meses.

## 1. Marco teórico

### 1.1. Compostaje

Para FAO (2013) uno de los problemas ambientales de las explotaciones agrícolas son los residuos orgánicos que se generan (restos de poda, de cosecha, de postcosecha, estiércol, pasto, fruta caída, entre otros). Normalmente, debido al desconocimiento, a la falta de un espacio adecuado o de tiempo, las prácticas habituales con estos residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su pudrición. El compostaje es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos realizado bajo condiciones aerobias hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas (Mustin, 1987; citado en Román et al. 2013). Los materiales de enmienda son una fuente de energía y carbono, a la vez suministran nutrientes rápidamente disponibles mejorando y ajustando las condiciones de humedad (Torrez et al., 2007). El material de soporte evita la formación de grumos, mejora la homogenización de los materiales, facilita la formación de canales por donde circula el aire y mejora la porosidad de la mezcla (Lozada et al., 2004) y proporciona condiciones más favorables de pH, humedad y relación carbono-nitrógeno (Oviedo et al. 2013).

### 1.2. Proceso de compostaje

1.2.1. Etapa mesofílica: (10-40°C) Al principio del compostaje, las bacterias y hongos mesófilos degradan compuestos solubles y fácilmente degradables de materia orgánica, tales como monosacáridos, almidón y lípidos. Las bacterias producen ácidos orgánicos, y el pH disminuye a 5.5. La temperatura comienza a subir espontáneamente a medida que el calor se libera de las reacciones de degradación exotérmica. La degradación de proteínas conduce a la liberación de amoníaco y el pH se eleva rápidamente a 8-9. Esta fase dura unos cuantos días (Rudnik, 2010).

1.2.1. Etapa termofílica: a medida que aumenta la temperatura cesa la actividad mesofílica, la actividad termofílica comienza cuando la temperatura rebasa los 40°C. En torno a los 60°C mueren los hongos termofílicos y comienzan a proliferar las bacterias formadoras de esporas y los actinomicetos. Por encima de los 70° C cesa prácticamente la actividad microbiana. La aireación de la materia en proceso de compostaje provoca el mantenimiento de la temperatura del proceso y aparición de nuevo de microorganismos termófilos. Durante estos cambios de temperatura la comunidad bacteriana es cambiante y las poblaciones de microorganismos se van sucediendo unas a otras. De esta forma se complementan las actividades de los diferentes grupos simbióticos, a la vez que las relaciones antagónicas entre grupos también están presentes. Este ciclo se mantiene hasta que, debido al agotamiento de nutrientes, fundamentalmente la fuente de carbono, la temperatura de autocalentamiento decrece considerablemente hasta aproximarse a los valores del ambiente. Frecuentemente el pH va a alcalino por el amonio liberado por las proteínas. La velocidad de reacción decrece por la resistencia a la degradación de materiales más complejos. Tras el consumo de los materiales fácilmente biodegradables, el calor que se genera no supera las pérdidas y la masa se enfría (Chen e Invar, 1993 citada por Dios Pérez, 2009).

1.2.2. Etapa de Enfriamiento y Maduración: Una vez que los nutrientes y energía comienzan a disminuir, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la pila desciende a la temperatura ambiente, provocando la muerte de los anteriores y la reaparición de microorganismos mesofílicos al pasar por los 40-45°C, estos dominarán el proceso hasta que toda la energía sea utilizada (Moreno, 2008). Durante la fase de maduración, la calidad del sustrato disminuye y en varios pasos sucesivos la composición de la comunidad microbiana queda completamente alterada. Por lo general, la proporción de hongos aumenta, mientras que el número de bacterias disminuye. Compuestos que no son más degradables, tales como complejos lignina-humus, se forman y se hacen predominantes (Díaz et

al. 2011). Estas etapas se caracterizan por el desarrollo de bacterias implicadas en ciclos de C, N y S, así como un conjunto diverso de actinomicetos y hongos mesófilos / termotolerantes. Estos microorganismos juegan un papel en la mineralización y maduración del compostaje. El ciclo de nutrientes implica la fijación de nitrógeno, reducción de sulfatos, producción de exopolisacáridos, la nitrificación, la oxidación del hidrógeno, amonio, nitrito y sulfatos (Bitton, 2005).

### 1.3. Parámetros físico químicos del compostaje.

1.3.1. Temperatura: Es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. Debe controlarse que no sobrepase los 65°C en la fase termofílica, debido a que limitaría la actividad biológica. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad (Gordillo y Chávez, 2010).

1.3.2. Humedad: Este parámetro debe estar entre 50-70%, la actividad biológica decrece cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso (Moreno y Moral., 2008).

1.3.3. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N): Esta relación varía en función de los sustratos a compostar y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%Ctotal) sobre el contenido de N (%Ntotal) de los materiales a compostar. Varía a lo largo del proceso presentándose una reducción continua (Román et al. 2013).

1.3.4. pH: Es un parámetro que puede condicionar la actividad biológica que descompone la materia orgánica y puede seleccionar a las poblaciones microbianas presentes en cada etapa del proceso. En general, las bacterias prefieren un pH cercano a la neutralidad con un rango comprendido entre 6.0-7.5, mientras que los hongos se desarrollan mejor en medio ácido, aunque

toleran un margen más amplio de pH (5-8). Así, aunque el compostaje puede desarrollarse dentro de un amplio rango de pH (3-11), se consideran como valores recomendados los comprendidos entre 5.5 y 8.0.

#### 1.4 Calidad del compost

Un compost de buena calidad tiene la capacidad de ser aplicado al suelo, sin deteriorar sus propiedades físicas y suministrar materia orgánica y nutrientes. Soto y Meléndez, (2004), mantiene valores de pH óptimos para la agricultura, evita cambios extremos en la temperatura y fomenta la actividad microbiana (López, 2013). Para verificar las propiedades que presenta el producto final del compostaje se tiene en cuenta lo siguiente: relación C/N, color, olor, humedad y temperatura, para determinar cada una de estas propiedades se realizarán ensayos de laboratorio (relación C/N para mirar la estabilidad e índice de germinación para mirar la madurez) y en sitio (color olor humedad y temperatura para mirar la estabilidad y pH para mirar la madurez. La madurez y estabilidad son criterios importantes para garantizar la calidad de un compost que se usará en la agricultura (Oviedo et al., 2015).

## 2. Estado del arte

Diversos estudios se han realizado sobre el compostaje de residuos de cebolla junca (Martínez et al., 2011), pollinaza (Petric et al., 2009; Kulcu et al. 2008) y otros materiales orgánicos empleados como materiales de enmienda o de soporte para el compostaje de estos residuos (Nadia et al., 2015; Czekala et al., 2016). En la Tabla 1 están plasmados las características fisicoquímicas iniciales de los sustratos que se usaron para realizar el proceso de compostaje en los mencionados estudios.

Tabla 1.

*Características fisicoquímicas de los sustratos.*

PARAMETROS	Residuos de cebolla junca <sup>1</sup>	Pollinaza <sup>2</sup>	Paja de trigo <sup>3</sup>	Residuos de clave <sup>4</sup>	Seta <sup>5</sup>	Biochar (Carbón vegetal) <sup>6</sup>	Tomate de tallo <sup>7</sup>	Residuos sólidos municipales <sup>8</sup>	Elodea brasilera <sup>9</sup>	Aserrín <sup>10</sup>	Cascara de arroz <sup>11</sup>	Harina de cebada <sup>12</sup>
Carbono (%C)	28	46.1	51.47	--	--	52.1	--	50.94	43.7	55.5	58.1	66.7
Nitrogeno (%N)	1.68	6.08	0.575	1.74	1.71	0.26	1.74	0.66	2.94	0.28	0.42	1.17
C/N	16.7	10.66	89.5	29.05	19.17	200.4	29.05	77.18	14.9	198.21	138.3	57
Contenido de humedad (%)	67.57	72.59	10.535	--	--	30.8	--	59.83	63.13	10.03	21.13	9.2
pH (Unidades de pH)	--	8.34	7.09	--	--	7.5	8.32	4.98	--	5.31	--	--

*Nota 1. Los valores de la tabla presentada son un promedio de los parámetros fisicoquímicos encontrado en los diferentes artículos. Fuente: Petric et al. (2009)<sup>2,3</sup>, Kulcu et al. (2008)<sup>2,4,5</sup>, Weí et al. (2014)<sup>7,2,6</sup>, Petric et al. (2012)<sup>2,8,10</sup>, Czekala et al. (2016)<sup>2,6,3</sup>, Nadia et al. (2015)<sup>2,10</sup>, Martínez et al. (2011)<sup>1,2,9,11,12</sup>.*

Es frecuente encontrar la pollinaza mezclada con materiales de reciclaje como el cartón, aserrín y biocarbón. La pollinaza tiene altos contenidos de nitrógeno, por consiguiente, se ha compostado con materiales de enmienda o soporte que sean ricos en carbono y de esta manera mantener un balance, ya que los microorganismos necesitan C como fuente de energía y, junto con el N, para la síntesis de proteínas y estructuras celulares (Cerrato et al. 2007).

### 2.1. La pollinaza

Es la excreta de las aves de engorde, la cual siempre se presenta mezclada con el material que se utiliza como cama para los pollos (aserrín de madera, cascarilla de arroz o de soya, olote de maíz). La pollinaza es una materia prima que se usa para elaboración de abonos orgánicos y acondicionamiento de suelo por su alto contenido de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes (FAO 2008). El Anexo A presenta los resultados de seis estudios que han abordado el compostaje de pollinaza.

De los estudios señalados, se observa que la adición de biochar (carbón vegetal) al proceso de compostaje muestra más influencia en los cambios de la comunidad bacteriana, acorta la fase termófila, muestra la mejor relación C/N (Czekala et al. 2016). La principal característica del biocarbón es su estabilidad en el suelo debido a la estructura química este sustrato se evalúa a nivel mundial como un medio para mejorar la fertilidad del suelo y para mitigar el cambio climático (Lehmann et al., 2011), también presenta otras características como alta porosidad, capacidad de intercambio catiónico y proporciona un hábitat adecuado para los microorganismos (Jindo et al., 2012). El aserrín utilizado en los estudios dio buenos resultados ya que se usó como material de soporte, con el fin de aumentar la aireación de las mezclas de compostaje y para optimizar las propiedades del sustrato (humedad, porosidad, relación carbono-nitrógeno y pH).

### 2.2. La cebolla junca o de rama (*alliúm fistulosum*)

Prospera en una amplia gama de climas, con temperatura promedios entre 12 y 20°C. Existen tres tipos de cebolla y se clasifican según su color. Las raíces verdaderas que surgen del embrión viven poco tiempo, siendo reemplazadas por raíces adventicias. Sus raíces carecen de absorción (Reina, C. et al. 1996). En la literatura investigada fueron escasos los estudios de compostaje con esta materia orgánica, por lo tanto, en la Tabla 3 adicional al de Martínez et al., (2011), se

encuentran artículos en los que emplearon hortalizas como sustancia para iniciar el proceso de compostaje. Acorde con Martínez et al., (2011), en algunas regiones de Colombia se emplean algunos residuos pecuarios (gallinaza, pollinaza), como material fertilizante, sin la adecuada estabilización, generando problemas de orden ambiental y sanitario. Este mismo autor señala que en aras de contribuir a la solución de este problema, se realizó el compostaje conjunto de residuos de cebolla junca, gallinaza, elodea, cáscara de arroz y harina de cebada. Se encontró que el compostaje con inóculos microbianos es una alternativa viable y segura para el manejo de residuos del cultivo de cebolla en subpáramo; siendo el producto proveniente de la mezcla de todos los residuos inoculados con MCPA (ácido 2metil-4-clorofenoxiacético) y los materiales antes mencionados, el que presentó las mejores características nutricionales y biológicas al cumplir con todos los parámetros de calidad a diferencia de los otros tratamientos, lo que permite su utilización en el cultivo de cebolla dentro del concepto de desarrollo sostenible (Martínez et al. 2011).

El Anexo B presenta los resultados de 4 estudios que han abordado el compostaje de residuos agrícolas como los manejados en este estudio y los resultados allí plasmados reflejan que el uso de residuos de cocina proporciona mejores resultados cuando es mezclado con cartón o residuos de jardín, obteniendo mejores resultados en cuanto a la calidad y madurez del compost (Rawoteya et al.2017). Los residuos de cocina deben ser compostados con al menos 40% volumen de materiales de soporte para tener mejores resultados. Los desechos de jardinería, incluyendo la hierba cortada, las hojas muertas y las malas hierbas (sin semilla), son buenos agentes de carga (Neugebauer y Sołowiej, 2017).

### 3. Objetivos

#### 3.1. General

Evaluar el proceso, la estabilidad y madurez del material en etapa de enfriamiento durante el compostaje de pollinaza fresca, residuos de cebolla y materiales orgánicos complementarios.

#### 3.2. Específicos

- ✓ Proponer al menos dos mezclas que contengan pollinaza fresca, residuos de cebolla y materiales orgánicos complementarios que cumplan con las condiciones iniciales para el proceso de compostaje.
- ✓ Evaluar las condiciones del proceso de compostaje en las fases mesofílica, termofílica y de enfriamiento, con las mezclas de materiales propuestas.

#### **4. Metodología**

Para la norma técnica colombiana NTC 5167 “Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmienda de suelo”, la materia orgánica fresca debe ser sometida a proceso de transformación que asegure su estabilización agrónoma como compostaje o fertilizantes. Los residuos generados por la postcosecha del cultivo de cebolla junca y la pollinaza fresca son algunos de los materiales orgánicos que se emplearán para iniciar el proceso de compostaje. A continuación, se presentan las dos etapas implementadas en el desarrollo de este proyecto:

4.1. FASE 1: Propuesta de mezclas de los sustratos (residuos de cebolla junca y pollinaza) y materiales de enmienda o de soporte.

Inicialmente se consultaron quince artículos científicos que involucran la mezcla de pollinaza y/o residuos de cebolla junca con otros materiales orgánicos. Como resultado, se encontró que la pollinaza ha sido mezclada principalmente con paja de trigo, seta, residuos de clavel, tallo de tomate, carbono vegetal, aserrín y caucho. La combinación de residuos de cebolla junca con otras materias orgánicas es escasa. Se hizo una salida técnica al páramo de Berlín, donde de un depósito de residuos de cebolla junca (Ver Figura 1) se recolectaron tres muestras, las cuales tenían diferentes tiempos de descomposición (un día, ocho días y 4 meses aproximadamente) y dos muestras de pollinaza fresca obtenidas gracias a un agricultor de la zona, las cuales fueron depositadas en bolsas herméticas y posteriormente se llevaron al Laboratorio Químico De Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander (UIS) (Ver Apéndice C).



*Figura 1.* Recolección de muestras

De los resultados obtenidos de los residuos de cebolla junca se escogió la muestra que presentaba ocho días de almacenamiento ya que el pH es cercano al neutro y para dar inicio al compostaje es recomendable estar entre el rango (5.5-8.5) (Trautmann y Krasny. 1997), la humedad que presentó es de 65.84, se encuentra dentro el rango establecido (50%-70%) (Moreno y Moral 2008), presentó mayor porcentaje de potasio y fósforo estos factores son de gran importancia porque contribuyen al desarrollo radicular y al buen crecimiento de las plantas (Diaz et al. 2010). No obstante, la relación carbono nitrógeno es baja, pues tiene 8:1 y el rango aceptable de este parámetro debe ser 25:1 a 35:1 (Mazzarino et al. 2004). La pollinaza mostró características semejantes a la cebolla junca como pH y la baja relación carbono-nitrógeno, a diferencia de la humedad la pollinaza que evidenció deficiencias. En la Tabla 2 se encuentra los valores iniciales de pollinaza y residuos de cebolla junca.

Tabla 2.

*Parámetros iniciales de residuos de cebolla junca y pollinaza.*

Parámetros	Pilas B	Pilas C
pH (Unidad de pH)	7.56	8.71
Humedad (%)	65.84	24.54
Carbono Orgánico Total	14.2	15.74
Nitrógeno Total (%)	1.87	2.03
Cenizas	26.43	20.67
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0.44	2.12
Fosforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.85	1.4
Conductividad (mS/cm)	909	8.4
Sodio (%Na)	0.06	0.4
Calcio (%CaO)	1.61	1.95
C:N	8	8

Los resultados arrojados en la Tabla 2 demuestran que compostar los residuos de cebolla y pollinaza presentará carencia en algunos de sus parámetros fisicoquímicos por consiguiente se hizo necesario buscar un material de enmienda rico en carbono y humedad para poder cumplir con las condiciones iniciales de compostaje. Basados en Arias (2017), quien desarrolló una identificación de materiales de enmienda o de soporte en el área de estudio, se realizó una segunda salida al páramo de Berlín para tomar las muestras de estiércol bovino, ovino, residuos de papa y residuos orgánicos. Estas muestras fueron depositadas en bolsas herméticas y posteriormente se llevaron al Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la UIS (Ver Apéndice D). De acuerdo con los resultados obtenidos se observó estos sustratos no complementaban a los materiales orgánicos principales, por consiguiente, fue necesario revisar los parámetros fisicoquímicos contenidos en la Tabla 1. Se escogió el aserrín por presentar un

alto contenido de carbono y humedad apropiados para suplir deficiencia que tienen los sustratos a utilizar para compostaje, es económico y de fácil adquisición.

Seleccionado el material de enmienda, se hizo análisis para determinar las condiciones iniciales de cada pila se centró en la relación Carbono/Nitrógeno y el contenido de humedad por medio del análisis de balance de masas. Las fórmulas usadas fueron las siguientes:

- Humedad (Trautmann, N & Krasny, M, 1997).

$$G = \frac{W_1 * M_1 + W_2 * M_2 + W_3 * M_3 \dots}{W_1 + W_2 + W_3 \dots}$$

G=Humedad%

Wn=Masa del material

Mn=Contenido de humedad del material%

- Relación carbono-nitrógeno (Trautmann, N & Krasny, M, 1997).

$$R = \frac{C_1 * W_1 + C_2 * W_2 + C_3 * W_3 \dots}{N_1 * W_1 + N_2 * W_2 + N_3 * W_3 \dots}$$

R=relación carbono-nitrógeno

Cn=Carbono del material

Wn=Masa del material

Nn=nitrógeno del material

- Peso de la pila (100kg)

$$100 = W_1 + W_2 + W_3$$

Se propusieron dos tratamientos conformados por: Tratamiento 1 (pollinaza, aserrín y cebolla) y Tratamiento 2 (cebolla junca y aserrín), las formulas anteriores se emplean para definir un

sistema de ecuaciones obteniendo la cantidad de masa requerida de cada sustrato para conformar el peso total de cada pila. Se empleó la herramienta solver (Microsoft Excel) para dar solución al sistema de ecuaciones, fue necesario definir condiciones iniciales de humedad y relación Carbono/Nitrógeno. Los parámetros fisicoquímicos usados para iniciar el proceso de compostaje se encuentran en la Tabla 3 y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 3.

*Parámetros fisicoquímicos usados para iniciar el proceso de compostaje.*

<b>Parámetros</b>	<b>Pollinaza<sup>1</sup></b>	<b>Aserrín<sup>2</sup></b>	<b>Cebolla 8 días<sup>3</sup></b>
pH (Unidad de pH)	8.71	5.31	7.56
Humedad (%)	24.54	10.03	65.84
Carbono (%C)	15.74	55.5	14.2
Nitrógeno (%N)	2.03	0.28	1.87
C/N	7.76	198.21	7.59

*Nota :2 Valores tomados de los resultados de laboratorio químico de consultas industriales<sup>1, 3</sup>, Valores tomados de literatura Petric et al. (2012)<sup>2</sup>*

Tabla 4:

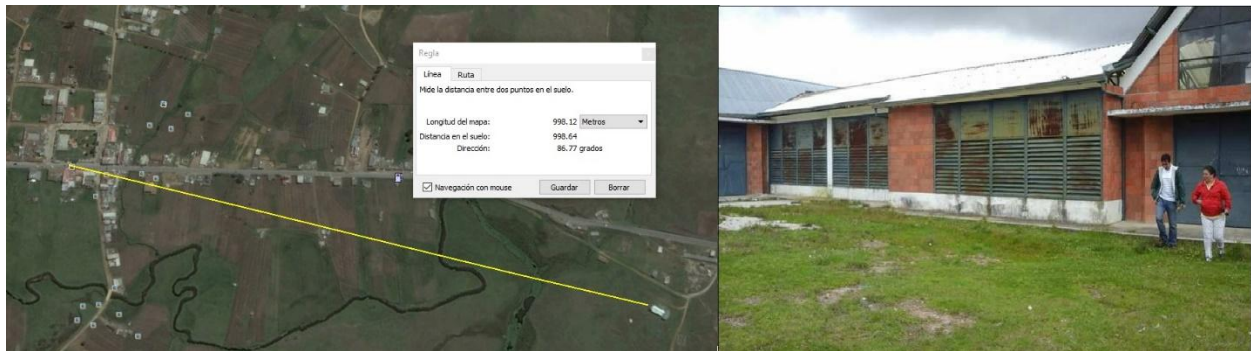
*Condiciones iniciales de cada pila (relación carbono-nitrógeno, humedad y peso de los sustratos).*

	<b>PILA 1 Pollinaza fresca + R. Cebolla + Aserrín</b>	<b>PILA 2 R. Cebolla + Aserrín</b>	<b>Martínez et al. (2011)</b>
Humedad (%)	35.38	49.26	55-60
C/N	12.76	18.94	25:1 - 35:1
Masa Pollinaza [Kg]	52.6	-	-
Masa R. Cebolla [Kg]	32.3	71	-
Masa Aserrín [Kg]	16.3	30	-
Peso Total [Kg]	101.2	101.2	-

La Tabla 4 refleja las características fisicoquímicas con las que inició el proceso de compostaje. Estos parámetros no cumplieron con las condiciones óptimas propuestas por Martínez et al. (2011).

#### 4.2. Fase ii: Evaluación de las condiciones del proceso de compostaje.

Después de haber determinado la cantidad de masa correspondiente a cada materia orgánica, se definió el área experimental ubicada a aproximadamente 1 km del casco urbano de Berlín (Ver Figura 2). Se adquirieron las masas definidas de cada sustrato mencionado. La pollinaza y aserrín se obtuvieron en la ciudad de Bucaramanga y los residuos de cebolla junca los proporcionó un agricultor de la zona. En total fueron necesarios 606.6Kg de materia orgánica.



a)

b)

a) Localización de la planta de residuos del corregimiento de Berlín Fuente (Google Earth,). b)

Vista frontal.

*Figura 2.* Localización de depósito de las pilas.

Se realizó el montaje con las masas correspondientes a cada pila y se situaron a 1m de separación entre éstas (Ver Figura 3). Se trituró gran parte de la cebolla con la ayuda de la pala y se hizo una mezcla homogénea en cada pila. Se montaron dos tipos de tratamientos TB (Pollinaza, residuos de cebolla junca y aserrín) (Ver Figura 4a) y TC (Residuos de cebolla junca y aserrín) (Ver

Figura 4b) cada uno por triplicado. Durante el montaje se percibió que los residuos de cebolla empleados en el tratamiento ( $T_{B1}$ ) presentaban varios días de degradación. El tratamiento C ( $T_{C1}$ ,  $T_{C2}$ ,  $T_{C3}$ ) contenía en su gran mayoría residuos de cebolla fresca. En los tratamientos restantes ( $T_{B2}$ ,  $T_{B3}$ ), los residuos de cebolla estaban frescos.



Figura 3. Distribución de las pilas.



a)

b)

a) Tratamiento TB (Residuos de cebolla junca, Pollinaza y Aserrín). b) Tratamiento TC (Residuos de cebolla junca y Aserrín).

Figura 4. Tipos de tratamientos.

Posterior a realizar el montaje se tomaron las temperaturas iniciales en cinco puntos diferentes de la pila, empleando un termómetro de carátula (Ver Figura 5). Se tomaron muestras y fueron llevadas Al Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la UIS para mirar los parámetros iniciales de las pilas (Ver Apéndice E). Se realizó un monitoreo de temperatura todos los días durante mes y medio, se hizo volteo de las pilas de acuerdo con Oviedo et al. (2014). Se empleó la sonda Cm37 para determinar cantidad de oxígeno presente en cada pila una vez por semana. Se analizaron muestras de cada tratamiento una vez por semana, determinando pH, conductividad eléctrica (sensION<sup>TM</sup>+ MM374 Kit avanzado de pH y conductividad) y humedad (medidor de humedad Ohaus) (Ver figura 6).



*Figura 5.* Toma de temperatura.



- a) Medidor de humedad Ohaus. b) Medidor de pH y conductividad eléctrica (sensION<sup>TM</sup>+ MM374 Kit avanzado de pH y conductividad).

*Figura 6.* Equipos para medir humedad y pH.

Transcurridos 33 días de haber hecho el montaje, se tomaron muestras de todas las pilas para realizar la prueba de germinación y determinar la humedad. Para la prueba de germinación se utilizaron 18 cajas Petri, distribuidas tres por cada pila y dos cajas adicionales usadas como testigo (Ver Figura 7). Se tomaron 10gr de cada muestra de pila y se mezclaron con 50ml de agua destilada, se dejó sedimentar por tres horas y empleando el papel filtro en forma de cono, para la destilación de cada mezcla. En cada caja Petri se dispuso un papel de filtro circular y 10 semillas de rábano. Se adicionaron 10 ml de la mezcla filtrada correspondiente (Varnero et al. 2007). Según la norma chilena NCh 2880, afirma que el índice de germinación empleando semilla rabanito debe ser igual o superior al 80% para determinar que el compost se encuentra en el rango de madurez aceptable. Las ecuaciones para determinar el índice de germinación están dadas de la siguiente manera:

$$PGR = \frac{\# \text{ de semillas germinadas en el extracto}}{\# \text{ de semillas germinadas en el testigo}} * 100$$

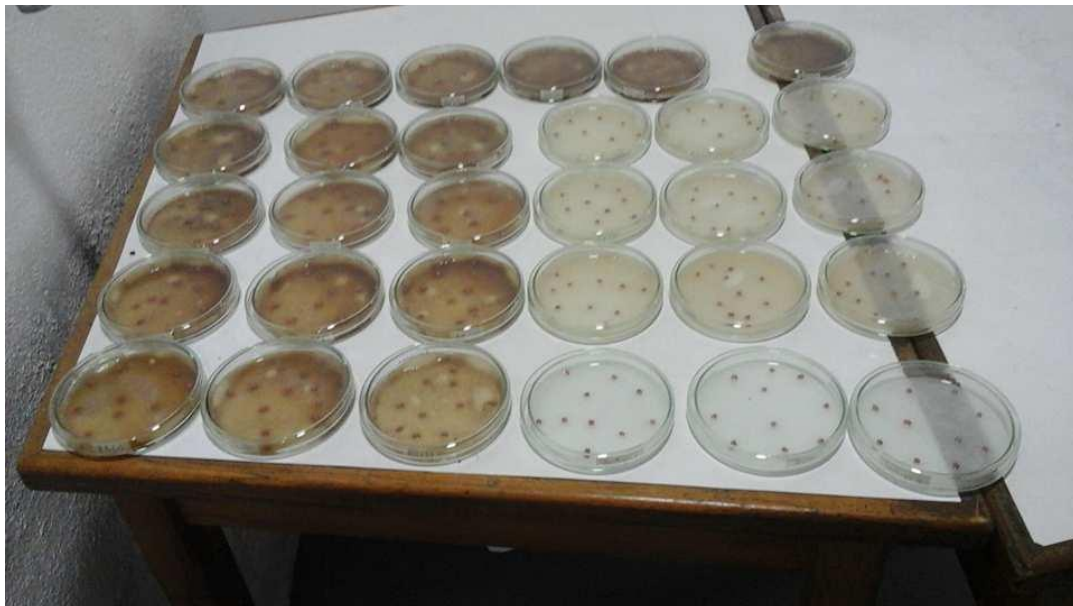
$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto}}{\text{Elongación de radículas en el testigo}} * 100$$

$$IG = \frac{PGR * CRR}{100}$$

PGR=Porcentaje de germinación relativa de las semillas.

CRR=Porcentaje de crecimiento relativo de la radícula.

IG= Índice de germinación.



*Figura 7. Distribución de las cajas Petri.*

## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Análisis físico- químico inicial

La humedad es un componente crítico para lograr la optimización del compostaje debido a que este es un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica y la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos que intervienen en él, de acuerdo con Soto y Muñoz (2002), la humedad en condición recomendables debe estar en el rango de 50%-60%. Acorde con la Tabla 5, las pilas C están entre el rango mencionado anteriormente y las pilas B están en un ámbito aceptable. La relación carbono- nitrógeno es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final (Soto y Muñoz. 2002). Iñiguez et al. (2006) mencionan que el rango recomendable se encuentra entre 20:1-30:1. Se observó que la pila C inició con una relación adecuada. La pila B inició con una relación muy baja. Esto conduce a una pérdida excesiva de nitrógeno ya que este puede convertirse en amoníaco (gas de efecto invernadero) (Román et al. 2013). Hay otros factores que afectan el desarrollo del compostaje como el pH. Guerrero y Monsalve (2006) hacen referencia a las condiciones óptimas de pH debe estar en el rango 6.5-9.0. Los tratamientos cumplen con esta condición. La conductividad eléctrica es la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Se puede observar que la pila C se encuentra en valor inferior que la pila B. Esto se debe a la presencia de pollinaza en la pila B ya que el contenido de sales es mayor que en el aserrín (Ver Apéndice E). De acuerdo con Salas y Ramírez (2001), la presencia de pollinaza hace que la conductividad eléctrica aumente en los diferentes sustratos y eso conlleve a tener problemas de salinidad en los cultivos.

Tabla 5.

*Resultados del análisis físico- químico inicial*

Parámetros	Pilas B	Pilas C
pH (Unidad de pH)	8.96	6.38
Humedad (%)	43.02	65.74
Carbono Orgánico Total	19.81	25.98
Nitrógeno Total (%)	3.92	1.33
Cenizas	15.99	38.5
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	1.32	0.2
Fosforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.68	1.34
Conductividad (mS/cm)	5405.41	685.93
Sodio (%Na)	1017.9	251.02
Calcio (%CaO)	1.32	0.82
C:N	5.05	19.53

## 5.2. Desarrollo del proceso de compostaje

## 5.2.1. Temperatura

La variación de temperatura en las pilas es uno de los factores más importantes que rige la tasa de las reacciones bioquímicas en el proceso de compostaje (Fontanive et al. 2004). El seguimiento de la temperatura durante el proceso se puede observar en la Gráfica 1. Al medir la temperatura diariamente durante todo el proceso se observó que los tratamientos que corresponden a las pilas B comenzaron con una etapa mesofílica corta durante los dos primeros días con rangos de temperatura entre 27 °C y 36 °C, luego se incrementó la temperatura entrando a una etapa termofílica que duró diecisiete días en donde la mayor temperatura presentada fue 60 °C que corresponde a la pila B3. La variación de la temperatura de las pilas del mismo tratamiento se debe que al momento de realizar el montaje se pudo observar que la cebolla junca empleada no presentaba el mismo tiempo de descomposición y a factores externos como filtración de agua en el techo. Al terminar la etapa termófila donde desaparecen los organismos termófilos, todos los

tratamientos empezaron a descender en su temperatura en ese instante los organismos mesofílicos se reactivaron actualmente el proceso se encuentra en la etapa de enfriamiento.

Por el contrario, las pilas C presentan un comportamiento atípico donde no se puede observar las etapas del compostaje debido a que las temperaturas siempre se mantuvieron en un mismo rango entre 16°C y 21°C, probablemente se deba a la poca disponibilidad de materia orgánica en las pilas y eso lleva a que el crecimiento microbiano sea bajo. Alcanzar un nivel tolerable de temperatura en las pilas es esencial para que el proceso resulte efectivo y contribuye de manera sustancial a la descomposición de los residuos (Finstein *et al.* 1986 citado por Tortarolo *et al.* 2008). La condición de higienización en este tratamiento duró aproximadamente 3 días ya que allí se alcanzó la mayor temperatura destruyendo patógenos (Tchobanoglous *et al.* (1994) citado por Oviedo *et al.* (2014)). Según los resultados plasmados por Martínez *et al.* (2011), los tratamientos que tenían estiércol de ave alcanzaron temperaturas por encima de 70°C. Por el contrario, al mezclar los residuos de cebolla con elodea y cascarilla de arroz se obtuvieron temperaturas por debajo de 50°C. Durante los primeros 19 días se registraron altibajos en este parámetro.

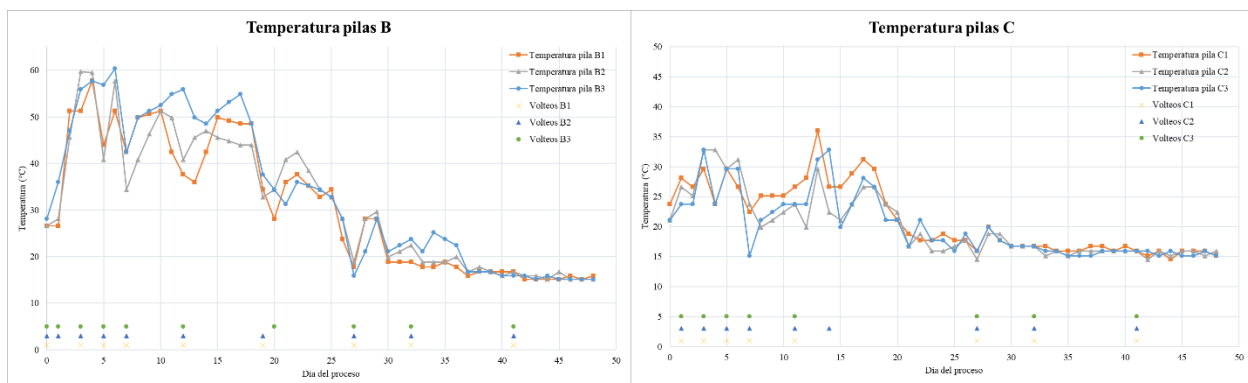


Figura 8. Comportamiento de la temperatura de las pilas B y C

### 5.2.2. Humedad

La presencia de agua dentro de la pila de compostaje es imprescindible para el transporte de nutrientes y elementos energéticos (Moreno y Moral, 2008). Si la humedad es baja, el proceso de compostaje reduce su velocidad llegando a incluso detenerse. La actividad biológica empieza a disminuir a niveles de humedad del 40%; por debajo del 20% no existe actividad. Por el contrario, cuando esta es alta acompañada de una inadecuada porosidad origina la disminución de la transferencia de oxígeno, siendo éste insuficiente para la demanda metabólica y reduciéndose, por tanto, la actividad microbiana aeróbica (Haung, 1993 citado por Barrena, 2006). En procesos en que los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped (Román et al. 2013). La Gráfica 2 es una representación de la humedad durante aproximadamente 40 días de monitoreo.

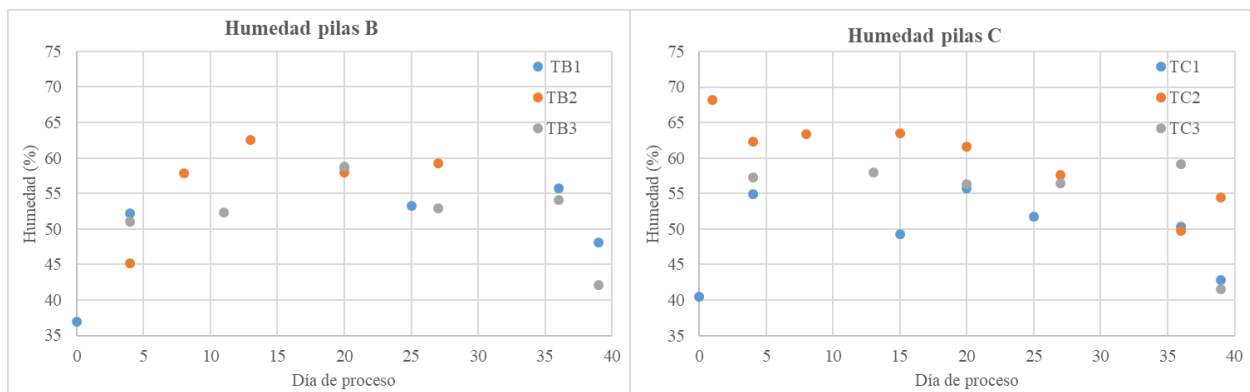


Figura 9. Comportamiento de la Humedad de las pilas B y C

Como se puede percibir en la Gráfica 2, hubo algunas pilas que no iniciaron entre el rango ideal de humedad. Por consiguiente, se adicionaron 26L para las pilas B y 22L para las pilas C. El tratamiento B (TB) registró humedades entre 36.9% y 62.53%, estas difirieron en su comportamiento debido a que se emplearon residuos de cebolla con diferentes días de degradación como se mencionó en la metodología. Durante el tiempo de proceso se humectaron las pilas 5 veces manteniendo rangos ideales entre 40-65% (Epstein, 2011). Los tratamientos C se mantuvieron humedades entre 40 y 68%. Durante el tiempo de monitoreo se adicionó agua 3 veces. En general, las pilas C requirieron aproximadamente la mitad de agua adicionada que los tratamientos B y esto se debe a que, esta última, presentó mayor temperatura, hubo mayor actividad de microorganismos.

### 5.2.3. Conductividad eléctrica

Es un indicador del contenido total de sal (principalmente en forma de iones de magnesio y calcio que son liberados en la matriz de la mineralización microbiana de las fracciones de materia orgánica presente en los sustratos) en el compostaje y por lo tanto refleja la calidad del compost como enmienda del suelo (Shah et al. 2015 citado por Rawoteea et al. 2016). Cuando se presenta un aumento de conductividad eléctrica en el proceso se debe a la liberación de sales minerales tales como compuestos a base de amonio después de la degradación microbiana y la descomposición de los componentes de materia orgánica presentes en los sustratos. Si se presenta una disminución esto se debe a la gran pérdida de sales minerales e iones en el lixiviado formado (Yang et al. 2016). En la Gráfica 3 se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica en las pilas B y pilas C, se puede observar que las pilas B tiene una mayor conductividad eléctrica debido a su contenido de pollinaza se encuentra entre el rango de 2.22 y 4.88 ms/cm (de acuerdo con Trejo et al (2013) se observa como la CE disminuye cuando no se usa pollinaza como

abono). La pila C mostró un mejor comportamiento de conductividad eléctrica estando en el rango de 0.22 y 0.66 ms/cm.

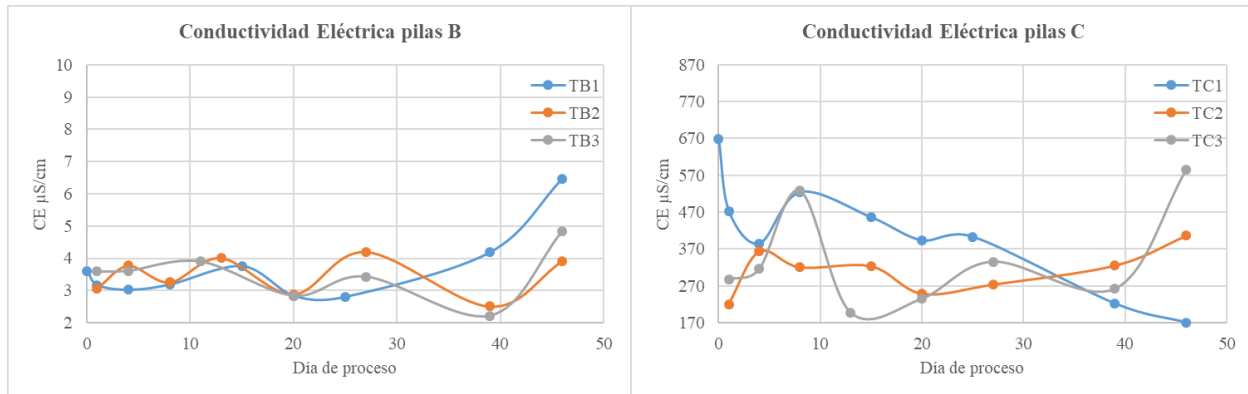


Figura 10. Comportamiento de la conductividad eléctrica de las pilas B y C

#### 5.2.4. pH

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que, si en algún momento se crean condiciones anaerobias, se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH (Moreno y Moral 2008). En la Gráfica 4 se observa el comportamiento del pH al iniciar el proceso de compostaje. Durante la etapa mesofílica se presenta una disminución en los tratamientos debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica menos estable, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos (Acosta y Peralta 2015). En una segunda etapa se produce un crecimiento de pH llegando a valores entre 8 y 10, debido a la liberación de amoníaco que se había formado por la mineralización microbiana de fuentes de nitrógeno orgánico (Jolanun y Towpratoon, 2010). En el día 43 se obtuvo el pico más alto de pH alcanzado en el tratamiento B, un valor de 9.77 y en las pilas C de 9.51. Actualmente los dos tratamientos se encuentran en la tercera fase (Enfriamiento)

ya que, en esta, el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos (Chen e Invar, 1993 citada por Dios Pérez, 2009). (Ver Gráfica 4).

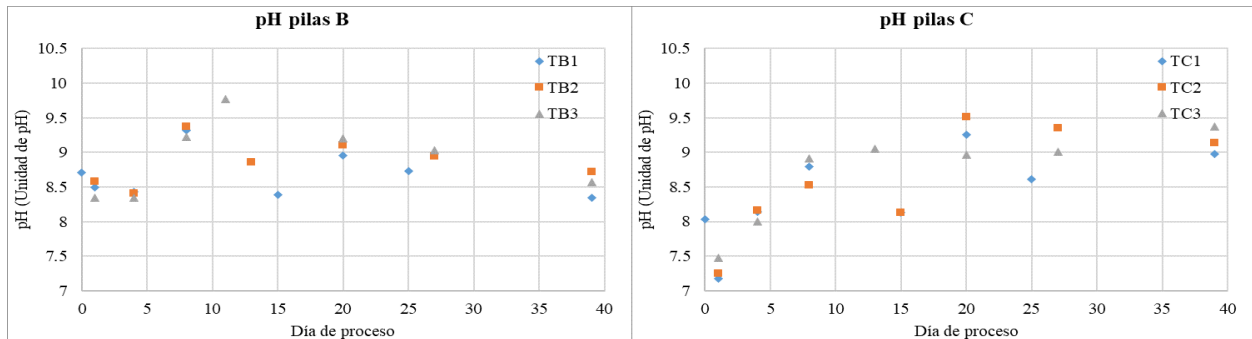


Figura 11. Comportamiento del pH de las pilas B y C.

### 5.2.5. Concentración de oxígeno.

Los microorganismos requieren oxígeno durante la degradación del material, que tiene que ser repuesto, ya que es fundamental para mantener condiciones aerobias. La aireación favorece la regulación del exceso de humedad por evaporación y mantiene la temperatura adecuada (Barrena, 2006). Cuando como consecuencia de la ausencia de aireación la concentración de oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire) se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas (Sztern y Pravia, 1999). Se hizo control de la concentración de oxígeno una vez por semana y la Gráfica 5 representa los datos de la monitorización.

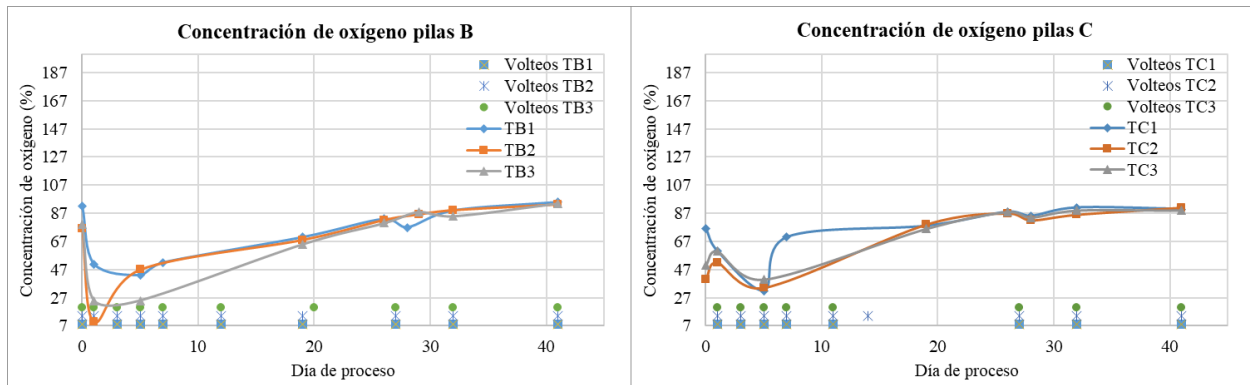


Figura 12. Comportamiento de la concentración de oxígeno de pilas B y C.

Es importante mencionar que según el manual de la Sonda CM37 empleada en este proyecto, cuando el instrumento registra saturación de oxígeno por debajo del 15% significa que su contenido de oxígeno ( $O_2$ ) es 3%, si registra 50% contiene 10% de  $O_2$  y cuando esta entre 50% y 70% registra proceso aerobio. Las pilas B tuvieron concentraciones de oxígeno de 10 a 95%, donde la más baja concentración se obtuvo en el tratamiento TB2, transcurrido un día después del montaje. De esta manera se puede afirmar que esta pila presentó mayor actividad de microorganismos debido a los contaminantes que se pueden encontrar en la pollinaza. Las pilas C estuvieron en rangos entre 32 a 91%. Se realizaban volteos en todas las pilas homogenizando el material cuando este parámetro era inferior a 50% con el fin de que continuará la actividad microbiana y la degradación de la materia orgánica.

### 5.3. Pruebas de estabilidad y madurez.

#### 5.3.1. Análisis de olor y color.

Esta prueba se realizó el día cincuenta del proceso de compostaje, en donde se observó que la pilas B1 presentó olor a residuos descompuesto de cebolla, un olor leve a oxidado y pollinaza, la pila B2 se percibió un olor a húmedo y la Pila B3 si tuvo un olor similar a la muestra del suelo.

Por otro lado, las pilas C en su totalidad presentaron olor a oxido, es decir, que el compostaje no se encuentra estable debido a que aún se encuentra el proceso en la etapa de enfriamiento. El compostaje se oscurece a medida que va madurando, hasta llegar a un color marrón oscuro o casi negro cuando se obtiene ese color se puede decir que es una muestra estable (Jiménez et al. 2008). Actualmente el color de las pilas B es marrón oscuro y las pilas C presentan un color marrón claro.

### 5.3.2. Índice de germinación.

La presencia de compuestos tóxicos para las plantas (fitotóxicos) es un problema común asociado con los compostados inmaduros. Tales compuestos pueden contener amoníaco y / o compuestos inorgánicos u orgánicos que pueden reducir la germinación de las semillas y deteriorar el desarrollo de las raíces. La germinación a menudo no se ve afectada tanto como el desarrollo de raíces, lo que hace que los test de germinación muy pobres indicadores de la calidad del compost. Durante las etapas tempranas del compostaje se pueden generar cantidades significativas de amoníaco y una amplia variedad de ácidos orgánicos solubles en agua y / o volátiles (por ejemplo, ácido acético, butírico). Sin embargo, con el tiempo en un proceso aeróbico típico, estos materiales experimentarán conversión biológica a compuestos no fitotóxicos (Brinton, 2000). Se hizo el bioensayo de germinación con el propósito de determinar la madurez que hasta el momento tiene cada tratamiento. Se realizaron dos pruebas de germinación para cada pila y se ven reflejadas en la Gráfica 6.

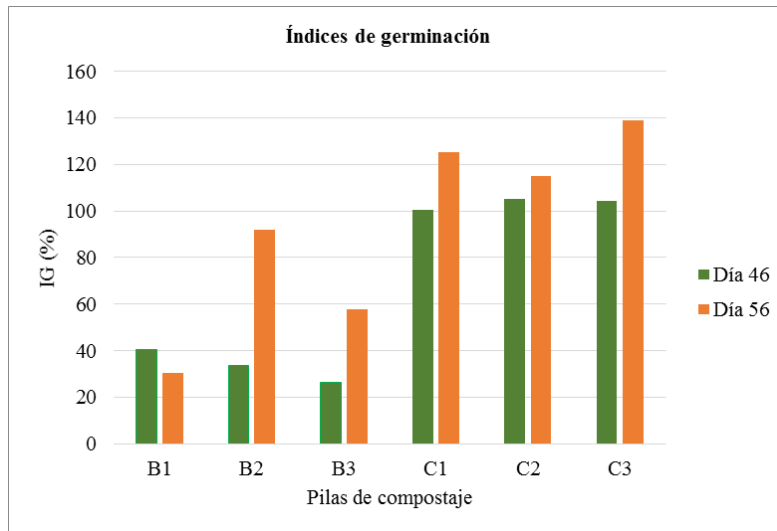


Figura 13. Índice de germinación de cada pila.

La variación entre los resultados obtenidos al realizar los dos bioensayos se generó debido a que las muestras tomadas de cada pila se dejaron en reposo aproximadamente tres días antes de realizar la prueba y se cometieron errores humanos realizando el ensayo ya que no se siguieron parámetros de higiene. Se tomó la segunda prueba para realizar en análisis de resultados y se obtuvo que el índice de porcentaje de germinación relativa de semillas (PGR %) la pila TC presentaron porcentajes entre 80 a 100% de germinación relativa de las semillas. Estas pilas obtuvieron porcentaje de crecimiento relativo de la radícula (CRR%) superiores al 80% y los tratamientos B estuvieron en rangos entre 25 a 52. Los mejores índices de germinación se obtuvieron en los tratamientos C ya que este fue superior al 100%. Teniendo en cuenta que la norma chilena NCh2880 “Compost, clasificación y requisitos” clasifica a un compost maduro si esta muestra un índice de germinación superior al 80%. Los tratamientos B no cumplen con esta afirmación. Es decir, que la mezcla entre residuos de cebolla junca y aserrín pueden minimizar los compuestos fitotóxicos en menor tiempo.

## **6. Conclusiones**

Se pudo identificar que en la zona de estudio (Páramo de Berlín) son escasos los materiales orgánicos que se pueden emplear como enmienda o soporte para iniciar un proceso de compostaje.

Aunque fue difícil dar comienzo al proceso de compostaje con las condiciones iniciales sugeridas (C/N, Humedad), las pilas B durante el monitoreo mantuvieron un comportamiento de temperatura típico donde se puede diferenciar las etapas del proceso. Sus características fisicoquímicas (Humedad, pH) estuvieron dentro de los rangos establecidos por la NTC 5167. Las pilas C presentaron comportamiento de temperatura atípicos a causa de la insuficiencia de materia orgánica.

## **7. Recomendaciones**

Realizado el índice de germinación durante la etapa de enfriamiento se determinó que el tratamiento que presenta madurez es la pila C ya que sus porcentajes superan el 100%. Este tratamiento no presentó estabilidad (Color, olor) indicándonos que los resultados de madurez y estabilidad no son necesariamente dependientes.

Es importante revisar la literatura, pero los parámetros fisicoquímicos de cada materia orgánica no siempre son similares en cualquier lugar, por eso se hace necesario hacer pruebas de laboratorio de cada sustrato que se pretende emplear para iniciar un proceso de compostaje y de esta manera poder definir que materiales a compostar.

Se recomienda realizar pruebas microbiológicas a las pilas C ya que estas no registraron temperaturas altas durante el tiempo de monitoreo. Es aconsejable que a futuro se realice nuevamente el montaje del tratamiento C con mayor masa y de esta manera, observar el comportamiento.

### Referencias bibliográficas

- Acosta Carrión, W., & Ivan, M. (2015). ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ (Doctoral dissertation).116
- Adhikari, B. K., Barrington, S., Martinez, J., & King, S. (2008). Characterization of food waste and bulking agents for composting. *Waste Management*, 28(5), 795-804.
- Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. *Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona*.21-23
- Bitton, G, John Wiley & Sons (2005). *Wastewater microbiology*. Gainesville, Florida. : Series editor .
- Brinton, W. F. (2000). Compost quality standards and guidelines: an international view. *Woods End Research Laboratory Inc., ME*. 32-33
- Carrasco, G., Ramírez, P., & Vogel, H. (2007). Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. *Idesia (Arica)*, 25(2), 59-62.
- Cerrato, M. E., Leblanc, H. A., & Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical*, 3(2), 183-197.
- Corzo, L., Cadena Vargas, C. E., León Moya, O. A., Peláez, S., Pinzón Sarmiento, C. E., Jaramillo, O., & Osejo, A. (2014). Aportes a la delimitación del páramo mediante la identificación de los límites inferiores del ecosistema a escala 1: 25.000 y análisis del sistema social asociado al territorio: Complejo de Páramos Jurisdicciones Santurbán–

Berlín Departamentos de Santander y Norte de Santander. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

- Czekala, W., Malińska, K., Cáceres, R., Janczak, D., Dach, J., & Lewicki, A. (2016). Co-composting of poultry manure mixtures amended with biochar—The effect of biochar on temperature and C-CO<sub>2</sub> emission. *Bioresource technology*, 200, 921-927.
- Diaz, L. F., De Bertoldi, M., & Bidlingmaier, W. (Eds.). (2011). *Compost science and technology* (Vol. 8). Elsevier.
- Díaz, M. C. V., Prada, P. A., & Mondragon, M. A. (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos postcosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Nova*, 8(14)
- Dios Pérez, M. (2009). *Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.
- Epstein, E. (2011). *Industrial composting: Environmental engineering and facilities management*. CRC Press. 19-20.
- Fontanive, V., Efron, D., Tortarolo, F., & Arrigo, N. (2004). Evaluation of parameters during composting of two contrasting raw materials. *Compost science & utilization*, 12(3), 268-272.
- Gordillo, F., & Chávez, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Repositorio Dspace. 10.
- Guerrero, J., & Monsalve, J. A. (2006). El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. *Scientia et Technica*, 12(32).

- Huang, G. F., Wu, Q. T., Wong, J. W. C., & Nagar, B. B. (2006). Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology*, 97(15), 1834-1842.
- Íñiguez, G., Parra, J., & Velasco, P. A. (2006). Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 8. Evolución de algunos constituyentes de la mezcla de biosólidos-bagazo de agave durante el compostaje. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 22(2).
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 2004. Norma Chilena de Compost 2880-2004 (NCh 2880-2004), Compost - Clasificación y Requisitos, 23.
- Jiménez, E. I., Silva, M. T. B., & Egea, F. C. M. (2008). 11. Indicadores de la estabilidad y madurez del compost. *Compostaje*, 243.
- Jindo, K., Sánchez-Monedero, M. A., Hernández, T., García, C., Furukawa, T., Matsumoto, K., ... & Bastida, F. (2012). Biochar influences the microbial community structure during manure composting with agricultural wastes. *Science of the Total Environment*, 416, 476-481.
- Jolanun, B., & Towprayoon, S. (2010). Novel bulking agent from clay residue for food waste composting. *Bioresource technology*, 101(12), 4484-4490.
- Kulcu, R., Sönmez, İ., Yaldiz, O., & Kaplan, M. (2008). Composting of spent mushroom compost, carnation wastes, chicken and cattle manures. *Bioresource technology*, 99(17), 8259-8264.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota—a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), 1812-1836.

- Lozada, P. T., Rivera, J. C. E., Vidal, A. P., Imery, R., Martínez, D. F., Méndez, A. M., & Vásquez, N (2004). INFLUENCIA DEL MATERIAL DE SOPORTE SOBRE EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE BIOSÓLIDOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. AIDIS. Forjando el Ambiente que Compartimos. p.1-8, Ilus.
- Lopez Wong, W. (2013). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol (Doctoral dissertation).146.
- Márquez, P. B., Blanco, M. J. D., & Capitán, F. C. (2008). 4. Factores que afectan al proceso de compostaje. *Compostaje*, 93.
- Martínez, E., & Lira, L. (2010). Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos. In *Simposio de metrología* (pp. 27-29).
- Martínez-Nieto, P., García-González, D., Silva-Bonilla, P. S., Vargas-Chaparro, G., & Valderrama-Escallón, F. (2011). Manejo de residuos generados directa o indirectamente por el cultivo de cebolla en Aquitania (Boyacá-Colombia). *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 4(2), 23-34.
- Mazzarino, M. J., Satti, P., Moyano, S., & Laos, F. (2004). Compost de biosolidos: Efecto del tamizado sobre la inmovilización de nitrógeno del suelo. *Ciencia del suelo*, 22(1), 19-26.
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje* (No. F04 MOR 18358). Ediciones Mundi-Prensa. 98.
- Nadia, O. F., Xiang, L. Y., Lie, L. Y., Anuar, D. C., Afandi, M. P. M., & Baharuddin, S. A. (2015). Investigation of physico-chemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process. *Journal of Environmental Sciences*, 28, 81-94.

- Neugebauer, M., & Sołowiej, P. (2017). The use of green waste to overcome the difficulty in small-scale composting of organic household waste. *Journal of Cleaner Production*, 156, 865-875.
- Oviedo-Ocaña, R., Marmolejo-Rebellón, L. F., Torres-Lozada, P., Daza, M., Andrade, M., Torres-López, W. A., & Abonia-Gonzalez, R. (2015). Effect of adding bulking materials over the composting process of municipal solid biowastes. *Chilean journal of agricultural research*, 75(4), 472-480.
- Oviedo-Ocaña, R., Daza-Torres, M., Marmolejo-Rebellón, L., Osorio-Ortiz, Á., & Torres-Lozada, P. (2013). Influencia de la incorporación de pasto estrella como material de soporte (*Cynodon Plectostachyus*) en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Ingeniería y Desarrollo*, 31(2), 251-271.
- Oviedo Ocaña, E. R., Marmolejo Rebellón, L. F., & Torres Lozada, P. (2014). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 91-100.
- Oviedo-Ocaña, E. R., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellon, L. F., Hoyos, L. V., Gonzales, S., Barrena, R., ... & Sanchez, A. (2015). Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices. *Waste Management*, 44, 63-71.
- Paul, E. A. (2014). *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Fourth edition Academic press. 34.

- Petric, I., Helić, A., & Avdić, E. A. (2012). Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of municipal solid waste with poultry manure. *Bioresource technology*, 117, 107-116.
- Petric, I., Šestan, A., & Šestan, I. (2009). Influence of wheat straw addition on composting of poultry manure. *Process Safety and Environmental Protection*, 87(3), 206-212.
- Rawoteea, S. A., Mudhoo, A., & Kumar, S. (2017). Co-composting of vegetable wastes and carton: Effect of carton composition and parameter variations. *Bioresource Technology*, 227, 171-178.
- Reina, C. E., Cuenca Perdomo, J. I., & Ortega Ospina, F. (1996). Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la cebolla junca (*Allium Fistulosum*) y el apio (*Apium graveolens*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. 17-18
- Restrepo, J., Escobar, E. A., Físico, C., & Rueda, J. A. G.(2008) Plan integral de manejo del distrito de manejo integrado de los recursos naturales “páramo de berlín”.
- Rodríguez, M., & Córdova, A. (2006). Manual de compostaje municipal. *Instituto Nacional de Ecología. México*. 22.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Santiago de Chile.
- Rudnik, E. (2010). *Compostable polymer materials*. Chennai, India: Elsevier.
- Salas, E., & Ramírez, C. (2001). Bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. *Agronomía Costarricense*, 25(2).

- Sitio oficial de Toná en Santander (2016). <http://www.tona-santander.gov.co/index.shtml?apc=bjxx-2-&x=1365391>
- Soto, G., & Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. . No. 72 p. 91-97
- Soto, G., & Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. No 65 p.123-129
- Sztern, D., & Pravia, M. A. (1999). *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos*. Organización Panamericana de la Salud.26
- Tchobanoglous, G. (1994). Gestión integral de residuos sólidos: volumen 1. McGraw-Hill. Madrid. 6.39.
- Torres, P., Pérez, A., Escobar, J. C., Uribe, I. E., & Imery, R. (2007). Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Engenharia Agrícola*.
- Tortosa, G. (2013). Compostando ciencia. *Obtenido de [http://www.compostandociencia.com/autor-2/docencia/estadistica\\_aplicada\\_al\\_analisis\\_quimico\\_quimiometria/#miancla-4](http://www.compostandociencia.com/autor-2/docencia/estadistica_aplicada_al_analisis_quimico_quimiometria/#miancla-4)*.
- Tortarolo, M. F., Pereda, M., Palma, M., & Arrigo, N. M. (2008). Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Ciencia del suelo*, 26(1), 41-50.
- Trautmann, N & Krasny, M. (1997). Composting in the Classroom: Scientific Enquiry for High School Students. (116).
- Varnero, M. T., Rojas, C., & Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 7(1), 28-37.

- Wei, L., Shutao, W., Jin, Z., & Tong, X. (2014). Bichoar influences the microbial community structure during tomato stalk composting with chicken manure. *Bioresource technology*, 154, 148-154.

## Apéndices



### Apéndice A. Descripción de estudios de compostaje con pollinaza

Autor	Tipo de residuos	Descripción
Czekala et al. (2016)	Carbón vegetal, paja de trigo y pollinaza	El sistema de compostaje de laboratorio utilizado en este estudio consistía en 2 reactores (Pollinaza, paja de trigo y 5% de biochar (reactor 1), Pollinaza, paja de trigo y 10% de biochar (reactor 2)) de compostaje aislados con volumen de 165 L (0,5 m x 0,5 m x 0,66 m = 0.165 m <sup>3</sup> ) equipado con un sistema de aireación. Se analizaron los parámetros como el contenido de humedad, la materia orgánica, carbono orgánico (C), nitrógeno y pH. En este estudio se pudo comprobar la eficiencia de la adición de biochar ya que se observó como la temperatura era mayor, como la fase termofílica se acortó y se vieron las mayores emisiones de dióxido de carbono.
Kuku et al. (2008)	Seta, residuos de clavel y pollinaza	Determinaron la relación de mezcla óptima de abono utilizando seta, estiércol de pollo, estiércol de ganado y residuos de clavel para el compostaje. Los materiales se han mezclado en siete diferentes relaciones para mirar la relación más óptima, se evidenció que el reactor que cumple con los parámetros (temperatura, relación carbono-nitrógeno, madurez y contenido de humedad) para un efectivo compostaje y donde se obtuvo una mayor pérdida de material seco (23,68%) es el reactor 6 que contiene 25% residuos clavel, 25% pollinaza, 25% estiércol de ganado y 25% de seta.
Nadia et al. (2015)	Aserrín de madera de caucho y pollinaza	Este estudio fue dirigido a investigar las actividades enzimáticas extracelulares y la transformación de la materia orgánica. El aserrín de madera de caucho se utilizó como fuente de carbono para ajustar la relación general de C/N de la pila. La ventilación necesaria durante el proceso de compostaje fue suministrado a través de orificios situados en los paneles laterales del compostador. La temperatura ambiente y la temperatura de la pila se midieron diariamente. Los resultados de este estudio mostraron que la biodegradación de la materia orgánica durante 60 días a partir de estiércol de aves de corral y la madera de caucho y aserrín se debió en gran parte a las actividades microbianas mediante la acción de enzimas extracelulares como celulasa, hemicelulosa y ligninasas.
Petric et al. (2009)	Paja de trigo y pollinaza	Determinaron la influencia de la adición de paja de trigo con estiércol de aves en el rendimiento del proceso de compostaje. El montaje a escala en el laboratorio empleó 3 diferentes proporciones de sustratos: 73,5% estiércol y 26,5% de paja (reactor 1), 83% estiércol y 17% de paja (reactor 2) y 88% de estiércol y el 12% de la paja (reactor 3). La mayor degradación se alcanzó en el reactor donde se encontraba 83% de estiércol de aves de corral y paja de trigo 17% (peso seco), siendo, por lo tanto, la más adecuada para el compostaje que otras proporciones de mezcla, ya que, además presentó la mayor reducción de patógenos.
Petric et al. (2012)	Residuos sólidos municipales, aserrín y pollinaza	Se usó un sistema de compostaje a escala de laboratorio. El experimento se prolongó durante el período de 22 días. Se realizaron tres mezclas para los reactores de compostaje reactor 1 (60% de FORM, el 20% de estiércol de aves de corral, el 10% de compost maduro, 10% aserrín), el reactor 2 (50% de la FORM, el 33,33% de estiércol de aves de corral, 8,33% madura composta, 8,33% serrín), el reactor 3 (42,86% de la FORM, 42,86% de estiércol de aves de corral, 7,14% compost maduro, 7,14% aserrín). El aserrín se utilizó como un material de soporte, con el fin de aumentar la aireación de las mezclas de compostaje y para optimizar las propiedades del sustrato (la humedad, la porosidad, la relación C / N, pH). Los resultados mostraron que el reactor 1, donde se encuentra mayor cantidad de aserrín proporcionó las condiciones más apropiadas para el proceso de compostaje.
Wei et al. (2014)	Tallo de tomate, Biochar (carbón vegetal) y pollinaza	Determinaron cuál era la mezcla óptima para el compostaje de estiércol de pollo, el tomate y el tallo de las enmiendas de compost (biocarbón, turbera y zeolita). Se realizaron 4 reactores los cuales estaban compuestos tallo tomate y estiércol de pollo (reactor1), tallo de tomate, estiércol de pollo y 1% biochar (reactor2), tallo de tomate, estiércol de pollo y 1% turbera (reactor 3) y tallo de tomate, estiércol de pollo y 1% zeolita (reactor4). Los resultados indicaron que la adición de biochar (carbón vegetal) para el compostaje mostró un tiempo más corto para entrar en la fase termofílica (3 d) y una temperatura más alta (56 ° C), también mostró la mejor relación Carbono-Nitrógeno ya que es un indicador muy útil para evaluar el desarrollo y calidad de nuestro compostaje y finalmente se observó una mayor influencia en los cambios de la comunidad bacteriana que la de la turbera y la zeolita.

## Apéndice B. Descripción de estudios de compostaje con cebolla junca.

Autor	Tipo de residuos	Descripción
Acosta, Peralta (2015)	Plantas de Tomate, porquinaza, bovinaza y pasto estrella.	El montaje a escala de laboratorio constó de seis tratamientos, donde la materia prima predominante fue el estiércol ya sea bovinaza, gallinaza, pollinaza y porquinaza. Materias primas adicionales son las plantas de tomate, cáscaras de huevo, plátano y residuos de hortaliza. Se adicionó melaza diluida para favorecer la multiplicación y la activación microbiológica. Se hizo control y seguimiento de las pilas cada tres días identificando la temperatura, pH y humedad. Se observa que la población de hongos presenta una tendencia al descenso posterior al haber iniciado el proceso de compostaje hasta llegar a una estabilización al final del proceso. Los tratamientos que mejores parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos presentaron, fueron aquellos que contenían (porquinaza + bovinaza) y (gallinaza + porquinaza).
Adhikari et al. (2008)	Residuos de alimentos y agentes de carga	Los agentes disponibles en la región fueron: picado del heno, picada de paja de trigo, virutas de madera de pino, cartón en bruto. La muestra se homogenizo mezclando manualmente. El cartón fue probado como posible agente de aumento de volumen, debido a su amplio uso como embalaje y su recuperación abundante como material de reciclaje. Heno, paja y virutas de madera se caracterizan porque se utilizan comúnmente para el compostaje. Este proyecto midió la cantidad de residuos de alimentos producidos por los hogares y restaurantes. El compostaje de los residuos requeriría el ajuste mensual de la receta y el diseño de una instalación de compostaje lo suficientemente flexible para dar cabida a un volumen de material de fluctuante por tanto como 50%. Con agentes de carga, se encontró que la paja de trigo cortada y heno picado para ofrecer las mejores propiedades, con una alta capacidad de absorción de agua.
Neugebauer, M. y Solowiej, P. (2017)	Residuos de cocina, residuos de jardín	En este determinaron si los desechos domésticos orgánicos podían ser compostados en huertos caseros. Los desperdicios de cocina fueron mezclados con desechos de jardín (agente de carga) en diferentes proporciones. Los residuos de biodegradables se compostaron en dos sistemas: en un pozo cavado en el suelo y en un contenedor. La temperatura dentro de la pila, las emisiones de amoníaco y el contenido de humedad fueron monitoreados durante todo el experimento. La temperatura más alta se alcanzó en pilas compuestas de 40% de residuos de cocina y 50% de residuos de jardinería. Las emisiones de amoníaco son las causantes de olores característicos y desagradables que se produce cuando la pila compostada no se maneja adecuadamente. Las emisiones de amoníaco acumuladas más altas se observaron en pilas de pozo y contenedores que no contenían agentes de carga.
Rawoteea et al. (2017)	Residuos vegetales y cartón	Se utilizó un compostador experimental de la capacidad 80L. Se definieron tres mezclas, la mezcla 1 (Mix 1) consistían en bagazo, raíz de remolacha, repollo, hojas secas y 2Kg de papel. La segunda mezcla (Mix 2) contenía bagazo, raíz de remolacha, repollo y 1.5Kg de cartón. La tercera mezcla (Mix 3) contenía bagazo, raíz de remolacha, repollo y 4.5Kg de cartón. La evolución de la temperatura, las tendencias de pH, los niveles de humedad, las tasas de respiración, el porcentaje de sólidos volátiles y la conductividad eléctrica fueron controlados durante 50 días. El sistema se mantuvo en condiciones termófilas para un periodo corto debido al pequeño tamaño del reactor. Las tres mezclas no superaron una temperatura de 55°C, donde la desinfección se lleva a cabo por la destrucción de patógenos. El pico más alto de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) se observa en la mezcla 2 (Mix 2) indicando que la degradación microbiana máxima tuvo lugar en esta muestra.

## Apéndice C: Análisis fisicoquímicos de los residuos de cebolla junca y pollinaza.

	<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 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



	<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 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
Cenizas (%)	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

	<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. I-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



	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	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> 2012/01/16 Página 5 de 6	

Informe de resultados No. I-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

Apéndice D: Análisis físicoquímicos de estiércol bovino, ovino, residuos orgánicos y de papa.

	<b>LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	Código: F-PA-02	
	<b>POST-ANALÍTICO</b>	Versión: 05	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	Fecha: 2012/01/16 Página 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 u 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-17-283	Fecha de emisión:	Junio 08 de 2017
Cliente:	EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA		
Dirección del cliente:	Escuela Ingeniería Civil - UIS		
Solicitud de servicio No.	17-217	No. de muestras:	08
Fecha de recepción de las muestras:	Mayo 18 de 2017		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Mayo 18 de 2017 - Junio 08 de 2017		

## 1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-217-01	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 1 RESIDUOS ESTIERCOL BOVINO FRESCO		
Matriz de la muestra:	Residuos Estiércol Bovino 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)	7,94	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	83,50	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	4,09	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,28	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370

	<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 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:	MUESTRA 2 RESIDUOS ESTIERCOL BOVINO ANTIGUO		
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:	MUESTRA 3 RESIDUOS ESTIERCOL OVINO FRESCO		
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

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	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

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

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

## 6. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-217-08	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 5187
Humedad (%)	74,38	Gravimétrico/NTC 5187
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	8,35	Espectrofotométrico/NTC 5187
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

Apéndice E: Análisis fisicoquímicos de pollinaza, residuos de cebolla junca y aserrín.

	<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 8	

Informe de resultados No. I-17-317 Solicitud de servicio No. 17-260

## 2. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 17-260-02	<b>Tipo de muestra:</b> Compuesta
<b>Identificación de la muestra:</b> MUESTRA 2	
<b>Matriz de la muestra:</b> Aserrín	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Páramo de Berlín	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 02 de 2017	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6,10	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	11,21	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	20,99	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N) en base seca	0,42	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	1,25	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio(%K <sub>2</sub> O)	0,09	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,33	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µs/Cm)	211,4	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	0,07	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,32	Absorción Atómica/ NTC 5167

	<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 8	

Informe de resultados No. I-17-317 Solicitud de servicio No. 17-260

### 3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-260-03	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 3		
Matriz de la muestra:	Residuos de Cebolla		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Páramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Junio 02 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6,54	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	64,23	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	1,16	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N) en base seca	1,56	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	15,78	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,25	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,20	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µs/Cm)	1169	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	950	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,19	Absorción Atómica/ NTC 5167

	<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 8	

Informe de resultados No. I-17-317 Solicitud de servicio No. 17-260

#### 4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 17-260-04	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: MUESTRA 4	
Matriz de la muestra: Pollinaza	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Paramo de Berlín	
Fecha del muestreo: Junio 02 de 2017	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,84	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	79,76	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	18,62	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N) en base seca	4,93	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	14,47	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	1,99	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,05	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µs/Cm)	5620	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	1230	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	1,52	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> 2012/01/16 <b>Página</b> 5 de 8	

Informe de resultados No. I-17-317 Solicitud de servicio No. 17-260

### 5. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 17-260-05	<b>Tipo de muestra:</b> Compuesta
<b>Identificación de la muestra:</b> MUESTRA 5 PILA C	
<b>Matriz de la muestra:</b> Cebolla + Aserrín	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Paramo de Berlin	
<b>Fecha del muestreo:</b> Junio 02 de 2017	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6,38	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	65,74	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	8,90	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N) en base seca	1,33	Titrimétrico -Kjeldhal/NTC 370
Cenizas (%)	13,19	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,07	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,46	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µs/Cm)	235	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	86	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,28	Absorción Atómica/ NTC 5167



	<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 6 de 8	

Informe de resultados No. I-17-317 Solicitud de servicio No. 17-260

### 6. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-260-06	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 6 PILA A		
Matriz de la muestra:	Pollinaza + Residuos Orgánicos + Aserrín		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Paramo de Berlín		
Fecha del muestreo:	Junio 02 de 2017		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7,32	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	53,19	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	11,0	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N) en base seca	5,12	Titrimétrico -Kjeldhal/NTC 370
Cenizas (%)	10,28	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,69	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,53	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µs/Cm)	2230	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	510	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,60	Absorción Atómica/ NTC 5167

	<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 7 de 8	

Informe de resultados No. I-17-317 Solicitud de servicio No. 17-260

### 7. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 17-260-07	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: MUESTRA 7 PILA B	
Matriz de la muestra: Pollinaza + Cebolla + Aserrín	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Paramo de Berlín	
Fecha del muestreo: Junio 02 de 2017	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,96	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	43,02	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	11,29	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N) en base seca	3,92	Titrimétrico -Kjeldhal/NTC 370
Cenizas (%)	9,11	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K <sub>2</sub> O)	0,75	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,96	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µs/Cm)	3080	Conductivimétrico/NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	580	Absorción Atómica/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,75	Absorción Atómica/ NTC 5167

