

**AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN EN EL PROYECTO PARA LA SELECCIÓN DE
MATERIALES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE
GALLINAZA Y POSTCOSECHA DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA CON
MIRAS A SU COMPOSTAJE. CASO: PÁRAMO DE BERLÍN (SANTANDER).**

HAMINTON ARIAS MURCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN EN EL PROYECTO PARA LA SELECCIÓN DE
MATERIALES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE
GALLINAZA Y POSTCOSECHA DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA CON
MIRAS A SU COMPOSTAJE. CASO: PÁRAMO DE BERLÍN (SANTANDER).**

HAMINTON ARIAS MURCIA

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 DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

Dedicatoria

A Dios primeramente porque a él se lo debo todo, a mi familia en especial a mis padres Otoniel de Jesús Arias Rodríguez y Aura Rosa Murcia por ser ese motor que impulsa mis sueños, a mi tía Flor Mery Agudelo Murcia y mis primos por su apoyo incondicional y su ejemplo vivo de superación.

A mis amigos, compañeros y futuros colegas, porque de cada uno pude tomar lo mejor.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de proyecto, el profesor Edgar Ricardo Oviedo Ocaña por su compromiso, paciencia, apoyo y acompañamiento en todas las fases del proyecto.

A cada uno de los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil que hicieron parte de este proceso de formación profesional, en especial a la profesora Isabel Cristina Domínguez Rivera y el profesor Álvaro Rey Soto.

Al Grupo De Investigación En Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental (GPH) de la Universidad Industrial de Santander por su gran colaboración.

A las personas del municipio de Berlín- Santander por su amabilidad y disposición para llevar a cabo la fase del campo del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1. PÁRAMO–ECOSISTEMAS.....	15
1.2. COMPOSTAJE	17
1.3. CULTIVO DE LA CEBOLLA.....	20
2. MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS	22
2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE ENMIENDA Y SOPORTE	23
2.3. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SELECCIÓN.....	25
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	28
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS DE GALLINAZA Y DEL MATERIAL DE POSTCOSECHA DE CEBOLLA JUNCA.	28
3.2. MATERIALES DE ENMIENDA O DE SOPORTE	32
3.3. MATRIZ DE SELECCIÓN	35
4. CONCLUSIONES	39
5. RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estiércol Bovino	23
Figura 2. Residuos de papa	23

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios utilizados para el desarrollo de la matriz de evaluación.....	26
Tabla 2. Comparación de los valores iniciales estandarizados para un buen compostaje y los presentes en la gallinaza y la cebolla junca.	29
Tabla 3. Cobertura y uso actual de suelo	32
Tabla 4. Valores promedios de algunas de las características fisicoquímicas de los posibles materiales de enmienda.	34
Tabla 5. Calificación respectiva de cada uno de los materiales de enmienda o soporte.....	36
Tabla 6. Matriz de evaluación para los diferentes residuos	38

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Listado de los artículos y libros de revisión.....	48
ANEXO C. Cuadro comparativo de los materiales de enmienda y de soporte	50
ANEXO D. Análisis estadístico para cada uno de los sustratos	51
ANEXO E. Diagrama de caja y bigotes de los parámetros estudiados para cada uno de los sustratos.....	58

RESUMEN

TITULO: AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN EN EL PROYECTO PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE GALLINAZA Y POSTCOSECHA DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA CON MIRAS A SU COMPOSTAJE. CASO: PÁRAMO DE BERLÍN (SANTANDER).

AUTOR: HAMINTON ARIAS MURCIA**

PALABRAS CLAVE: compostaje, residuos de cebolla, estiércol de gallina, páramo de Berlín.

El páramo de Berlín es uno de los ecosistemas de páramo más grandes y hermosos de Colombia, contando con una diversidad florística y paisajística que junto a sus recursos hídricos posee una extensión de 44,272 hectáreas. Se encuentra a 3.000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 9 grados Celsius. El páramo de Berlín presenta un sistema activo de producción agrícola y pecuario en el que se destaca la producción de cebolla junca y la avicultura, cuyos residuos y desechos aún no tienen un sistema de manejo adecuado que minimice su impacto ambiental. El compostaje es considerado como un proceso controlado en el que se da la descomposición biológica de los residuos sólidos ya sean de origen animal o vegetal, pero también es una de las alternativas para el aprovechamiento de residuos orgánicos, que minimizan la contaminación de suelos y los recursos hídricos debido a prácticas inadecuadas de estos residuos. El proceso de compostaje requiere que los sustratos presenten características fisicoquímicas iniciales específicas para el adecuado desarrollo del proceso y para la obtención de un producto que cumpla con criterios normativos. Sin embargo, estas características no son alcanzadas cuando se emplean los residuos de la cebolla junca y la gallinaza, por lo que requieren complementarse con otros materiales llamados materiales de enmienda los cuales nos ayudan a regular las características químicas de los sustratos, o materiales de soporte los cuales me regulan las características físicas como la porosidad y la humedad. En este proyecto, se llevó a cabo la selección de un material de enmienda adecuado para dicha mezcla a través de análisis comparativos y la implementación final de una herramienta tipo matriz, dando como resultado que los residuos de fruta corresponden al material más conveniente

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías fisicomecánicas escuela de ingeniería civil Director Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

ABSTRACT

TITLE: RESEARCH ASSISTANT IN THE PROJECT FOR THE SELECTION OF MATERIALS FOR THE CONDITIONING OF GALLINAZA RESIDUES AND POSTCOSECHA OF THE ONION CULTIVATION JUNCA WITH VIEWS TO ITS COMPOST. CASE: PARAMO DE BERLÍN (SANTANDER)*.

AUTHOR: HAMINTON ARIAS MURCIA**

KEYWORDS: composting, onion residues, hen dung, The Berlin moor.

The Berlin moor is one of the largest and most beautiful ecosystems of Colombia, has a floristic and landscape diversity, and including its water resources has an area of 44.272 hectares. It is 3.000 meters above the sea, an average temperature of 9 degrees Celsius. The Berlin moor presents an active system of agricultural and livestock production in which the production of large onion and aviculture is outstanding. Wastes from the production activities lack of an adequate management system that minimizes their environmental impact. Composting is considered as a controlled process in which the biological decomposition of the solid waste occurs, can be of animal or vegetable origin; but it is considered as one of the alternatives for the use of organic waste, which minimizes contamination of grounds and water resources due to the inadequate disposal of these residues. The composting process requires that the substrates have specific initial physical-chemical characteristics for the proper development of the process and the obtaining of a product that meets the normative criteria. However, these characteristics are not reached when the residues of large onion and hen dung are used, for that reason they need to be supplemented with other materials called amendment materials which help us to regulate the chemical characteristics of the substrates, or support materials which regulate the physical characteristics such as porosity and humidity. Therefore must be complemented with other materials. In this project, a suitable amendment material was selected for such mixing through comparative analysis and the final implementation of a matrix, resulting in fruit residues corresponding to the most suitable material.

* Project of grade

** Faculty of Engineering physicomecanicas school of civil engineering Director Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

INTRODUCCIÓN

El medio ambiente se encuentra conformado por diferentes tipos de ecosistemas, los cuales presentan características particulares y, por lo tanto, han permitido el desarrollo de entornos específicos. Un tipo de ecosistema vital para el equilibrio ecológico son los páramos y bosques andinos, cuya importancia gira en torno a la producción de agua, líquido esencial para la vida, y por ende en la conservación de la biodiversidad y de la vida humana (Suárez *et al.*, 2007). Aproximadamente el 49% de los páramos del mundo se encuentran en Colombia, los cuales se distribuyen principalmente en las Cordilleras Occidental, Central, Oriental y en la Sierra Nevada de Santa Marta entre los 3,100 y 4,000 msnm. Estos páramos ocupan el 1.7% del territorio nacional y dan origen a las cuencas hídricas que nutren gran parte del país y que abastecen de agua a casi el 70% de la población. Sin embargo, dicho ecosistema es uno de los más vulnerables el cual se ha visto amenazado principalmente por los efectos globales y la actividad humana tal como la ganadería y la agricultura (CORPONOR *et al.*, 2008).

Una de las zonas clasificadas como Distrito de Manejo Integrado (DMI), en el departamento de Santander, es el páramo de Berlín, el cual, se encuentra localizado en el norte de la Cordillera Oriental de Colombia cubriendo un área de 44,272 hectáreas, con una invaluable variedad florística (142 especies), faunística (43 especies) y paisajística que, junto a su potencial hídrico, es considerado como un territorio estratégico de servicios ambientales para el Nororiente Colombiano (Restrepo *et al.*, 2008).

Esta zona de páramo se caracteriza por tener un sistema de producción agrícola y pecuario. En la parte agrícola se encuentra el cultivo de cebolla junca (un área de 610 has. con cosechas de aproximadamente 40,320 ton/año), papa (con un área

de 900 has. con cosechas de aproximadamente 27,510 ton/año), frutales (236 has en fresa, curuba y tomate de árbol) y en menor cantidad de frijol, maíz, arveja, hortalizas y trigo, todos ellos localizados en los sectores aledaños a Berlín, la Laguna, Silos y Tona (CORPONOR). Por otra parte, la actividad pecuaria se ve representada principalmente por la ganadería bovina con 9,747 cabezas, ovina con 125 cabezas y porcina con 489 cabezas distribuidas en los sectores de Silos, Tona y Mutiscua; otras actividades pecuarias que se desarrollan a menor escala son la avicultura y piscicultura principalmente en Tona y Silos, con cría de trucha de aproximadamente 10,000 alevinos (Restrepo *et al.* 2008 y Suarez *et al.*).

Respecto de las actividades de cultivo de cebolla junca, se caracteriza por ser una de las principales actividades económicas en Berlín. Sin embargo, en el proceso de cultivo se emplean materiales de enmienda inestables (estiércol de gallina), que como consecuencia, pueden afectar las propiedades fisicoquímicas del suelo y el recurso hídrico. Adicionalmente, en el proceso de cosecha y postcosecha se generan cantidades de residuos de cebolla, que son inadecuadamente manejados y también pueden impactar los ecosistemas, que a largo plazo, podrían generar un deterioro con pérdida de áreas y de poblaciones de fauna y flora silvestre. El compostaje es una alternativa para el manejo de los residuos orgánicos provenientes de las actividades productivas, que puede ser empleado para solucionar conjuntamente el problema de los residuos provenientes del cultivo y adicionalmente, mejorar las características de la gallinaza, de manera que pueda ser empleada de manera estable en el proceso de cultivo de la cebolla junca.

Esta propuesta de pasantía en investigación tiene como propósito contribuir con la selección de materiales de enmienda y soporte adecuados para el compostaje de los residuos de estiércol de gallina y los residuos provenientes del cultivo de cebolla junca, con lo cual se concluirá de acuerdo a criterios establecidos, cuáles de dichos materiales de enmienda y soporte pueden ser utilizados en el producto de compostaje del cual se evaluará su proceso y calidad.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. PÁRAMO-ECOSISTEMAS

La diversidad de ambientes en la tierra con características y condiciones particulares permite el desarrollo de distintos ecosistemas en los cuales está representada la riqueza natural (Garavito, 2015). Entre estos, se encuentran los páramos, los cuales corresponden a un ecosistema tropical de montaña único, presentes en sectores limitados de la tierra, ofreciendo funciones ecológicas indispensables para el desarrollo de la vida, tal como es el regular y conservar el recurso hídrico (Suárez *et al.*, 2007).

Los páramos en Colombia ocupan el 49% de los páramos en el mundo, y aunque abastecen de agua a casi el 70% de la población, los efectos globales y la actividad humana (principalmente ganadería y agricultura) han venido afectando y deteriorando este importante ecosistema. Debido a ello, el gobierno ha implementado políticas que han permitido estudiar y delimitar estas zonas naturales amenazadas con el fin de mitigar dichos efectos negativos, creando así, los llamados Parques Naturales Regionales y los Distritos de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables (DMI), a partir de los cuales se administra, maneja y protege el ambiente a través del desarrollo de un modelo de aprovechamiento racional de los recursos naturales dentro de las áreas especialmente delimitadas por el mismo, debido a su uso potencial (CORPONOR *et al.*, 2008).

Tal es el caso del páramo de Berlín, el cual está ubicado al norte de la Cordillera Oriental de Colombia, haciendo parte de la unidad biogeográfica de Santurbán, sobre los departamentos de Santander y Norte de Santander cubriendo una

extensión de 44,272 hectáreas, el cual posee una invaluable variedad florística (142 especies), faunística (43 especies) y paisajística que junto a su potencial hídrico, es considerado como un territorio estratégico de servicios ambientales para el Nororiente Colombiano (Restrepo *et al.*, 2008).

Dicha área está formada por los subecosistemas de Páramo seco, Páramo Húmedo y Bosque Altoandino, cuya cobertura y uso actual de tierras tiene 5,509 hectáreas en cultivos, 13,268 hectáreas de pastos naturales y 25,495 hectáreas de vegetación paramuna, viéndose el recurso agua gravemente afectado por el uso de agroquímicos (tal como gallinaza) utilizados principalmente para el cultivo de cebolla, papa y pastos usados en la ganadería extensiva (CORPONOR *et al.*, 2008).

Sumado a esto, existen otros factores antrópicos que por su inadecuado manejo aumentan la problemática ambiental en el sector, tal como la presencia de viviendas rurales sobre espacios como rondas de cauce y la rápida expansión de la frontera pecuaria y agrícola en el ecosistema de páramo, siendo el cultivo de la cebolla junca una de las principales actividades socioeconómicas de la población. Estas actividades agropecuarias han generado cambios drásticos que atentan contra la integridad física y ambiental de éste. Por tanto, con el fin de mitigar estos efectos, se ha llevado a cabo la declaratoria de manejo especial del Páramo de Berlín, incluyéndolo dentro de un DMI cuya planificación y delimitación se logra en razón al cumplimiento de los requisitos normativos que tienen que ver con la existencia de ecosistemas con rasgos naturales singulares que pueden ser recuperados, incluyéndose en éste la capacitación para el uso y aprovechamiento agropecuario adecuado por parte de la comunidad que se abastece económicamente de dichas prácticas (CORPONOR *et al.*, 2008; Suarez *et al.*, 2008).

1.2. COMPOSTAJE

De acuerdo con Sepúlveda y Alvarado (2013) el compostaje es el proceso biológico en presencia de oxígeno, en el cual los sólidos orgánicos húmedos son transformados a formas más estables llamadas compost, con sustancias húmicas que permiten su uso en la agricultura. Rothenberger *et al.* (2006) considera, además, que el compostaje es un proceso controlado por el cual se da la descomposición biológica de residuos sólidos ya sean de origen vegetal o animal a un estado lo suficientemente estable y libre de molestias permitiendo así su almacenamiento y utilización como como mejorador de suelos o fertilizante.

La mayoría de los materiales orgánicos son compostables (Roman *et al.*, 2013). Sin embargo, para la obtención de un compost de calidad se deben estudiar algunos componentes químicos básicos necesarios en el proceso, tales como la cantidad de materia orgánica, la humedad, el pH, la temperatura, la relación C:N. Dado que los sustratos pueden no tener las características fisicoquímicas requeridas para su compostaje, es necesario utilizar materiales complementarios, que permitan mejorar sus características. La selección de estos materiales incluye aspectos como (Oviedo, 2015):

- Cantidad del material: debe estar disponible en las cantidades requeridas para emplearse en la instalación de compostaje.
- Costo de adquisición del material: debe tener un costo mínimo, de manera que no genere mayores costos operativos en la instalación de compostaje.
- Acceso para consecución del material: debe tenerse en cuenta el tipo de vía de acceso para recolectarlo.

- Distancia para recolección del material: debe considerarse la distancia desde la instalación de compostaje hasta el centro de generación.

El proceso de compostaje se puede dividir en dos etapas: la **descomposición** y la **estabilización** (Oviedo *et al.*, 2016). La etapa de **descomposición** se caracteriza por la acción de microorganismos aeróbicos mesofílicos que transforman los compuestos de rápida degradación tales como azúcares, proteínas, almidón y aminoácidos en especies orgánicas e inorgánicas más sencillas. Además, en esta etapa se tiene: formación de fitotóxicos como NH_3 y ácidos grasos volátiles de cadena corta, los cuales se metabolizan por los microorganismos; reducción de patógenos y la selección de microorganismos termofílicos debido a un aumento de la temperatura a valores termofílicas ($>45^\circ\text{C}$) que aumenta la tasa de degradación; actividad biológica alta limitada por la disminución en la cantidad de nutrientes y la materia orgánica de fácil degradación (Oviedo *et al.* 2016; Román *et al.* 2013).

La etapa de **estabilización** se caracteriza por la descomposición de moléculas más complejas, lo cual causa una pérdida progresiva de temperatura y pH ligeramente alcalino hasta el final del proceso. Como consecuencia, los microorganismos termofílicos disminuyen y aumentan los mesofílicos, permitiendo así que los actinomicetos degraden almidón, celulosa, hemicelulosa y ligninas que son necesarias para la síntesis de sustancias húmicas. Aunque el producto se estabiliza biológicamente, se presentan procesos biológicos moderados en el producto (Oviedo *et al.* 2016).

La calidad del compost viene determinada por un conjunto de propiedades y características físicas, químicas y biológicas, tales como el carbono orgánico total (COT), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), Nitrógeno total (N_{Total}), Nitrógeno orgánico ($\text{N}_{\text{Organico}}$), pH, conductividad eléctrica (CE), macro y micronutrientes, densidad aparente, humedad, capacidad de retención de agua (CRA) y tamaño de partícula (Oviedo *et al.* 2016; Soliva y López, 2009).

Según Oviedo *et al.* (2016), el mejoramiento de la calidad de los sustratos en las instalaciones de compostaje, requiere de propuestas operacionales tales como la incorporación de *materiales de soporte* o de *enmienda*, el llamado *co-compostaje* y *el aditivo*. Los materiales de soporte corresponden a aquellos materiales que controlan parámetros como humedad, suministran porosidad y mejora la aireación; los materiales de enmienda son aquellos que mejoran las características químicas de los sustratos; el co-compostaje es una medida que involucra dos sustratos con el propósito de mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del producto; y por último, el aditivo, es una mezcla de microorganismos, nutrientes minerales, formas de C fácilmente disponibles, enzimas y compuestos para balancear el pH que se utilizan para mejorar la actividad microbiana en los sustratos.

El concepto de calidad es muy difícil de definir, ya que en este se deben tener en cuenta muchos aspectos; siempre se debería considerar la calidad de compost a partir de aquellas condiciones que muestren un resultado que no afecte al medio ambiente, que esté acorde con una gestión racional de los residuos y que tenga al cumplir estas condiciones tenga como objetivo fabricar un producto destinado para su uso en el suelo o como sustrato (Soliva y López, 2009).

Por otra parte, además de las propiedades mencionadas anteriormente, también existen otras condiciones importantes a tener en cuenta, una de las condiciones críticas para determinar la calidad de los productos está relacionada con la presencia de contaminantes; si los sustratos utilizados para el compostaje contienen cantidad de impurezas o componentes indeseables, tales como, metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, muy difícilmente se podrá obtener un compost de buena calidad (Oviedo *et al.* 2016).

1.3. CULTIVO DE LA CEBOLLA

La cebolla de rama no se ha encontrado creciendo en forma silvestre y aunque recibe el nombre del país de Gales (Welsh onion), se cree que se originó en el sudeste de Asia, teniendo gran importancia como cultivo en países como China y Japón (DANE, 2001). Hoy en día, su cultivo se ha extendido por todo el mundo, habiendo sido introducida en Colombia por los españoles y desarrollándose como un cultivo comercial desde hace aproximadamente 50 años (DANE, 2015). Las principales zonas productoras de cebolla en Colombia son Aquitania (Boyacá), Sabana de Bogotá, Tenerife (Valle del Cauca), Manizales y Villa María (Caldas), Pereira (Risaralda), Pasto y la Laguna (Nariño), y Cajamarca, siendo el departamento de Boyacá el que presenta un mayor rendimiento en su producción (DANE, 2015).

Según el DANE (2001), el cultivo de cebolla exige una temperatura entre 12-20°C con un rango altitudinal de 1,500 – 3,000 msnm, aunque Pinzón (2009) reporta que en Colombia este se ha adaptado a casi todos los climas, desarrollándose de buena forma en Aquitania la cual es considerada zona de páramo (entre 3,000 y 3,400 msnm), y en otras regiones productoras situadas en altitudes más bajas con rangos entre 2,700 y 1,500 msnm. Este se desarrolla en diversos tipos de suelos, presentando un mayor rendimiento en aquellos que son de textura liviana (suelos francos), con buena profundidad efectiva y retención de humedad (DANE, 2001).

La cebolla se multiplica en forma asexual por propágulos o hijuelos; la distancia de siembra depende de factores como la fertilidad del terreno, el tipo de material a emplear y la pendiente del lote, pudiéndose encontrar cultivos con distancias entre 30 a 40 cm entre cultivos y 50 a 100 entre surcos (DANE, 2001). Normalmente, a este cultivo se le pueden hacer varios cortes o cosechas a partir de una sola siembra, haciéndose el primer corte entre los cinco y seis meses y los posteriores

cada dos o tres meses, con rendimientos mínimos por corte de cerca de 30 t ha⁻¹, con un máximo de 75 t ha⁻¹ y un promedio de 40 t ha⁻¹ (Pinzón, 2009).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS

El compostaje es considerado como la versión optimizada del proceso de descomposición de la materia orgánica llevada a cabo por los microorganismos en un ambiente natural (Sepúlveda y Alvarado, 2013). Para su desarrollo, requiere de condiciones físicas y químicas de entrada de los materiales que determinan de manera general las condiciones del proceso y, por ende, la calidad del producto final (Enayetullah *et al.*, 2006).

De esta manera, para poder definir las condiciones del proceso de compostaje de gallinaza y residuos provenientes de la cebolla junca, se acudió a un análisis comparativo de los valores estandarizados por Enayetullah *et al.* (2006), Chiumenti *et al.* (2005) y Díaz *et al.* (2010), de algunos parámetros iniciales primordiales, con los datos promedios reportados en la literatura para la materia prima que se procesará en el marco de este proyecto (i.e. residuos de gallinaza y de cebolla junca), los cuales fueron revisados en 37 artículos de investigación obtenidos de la base de datos Sciencedirect y 7 libros relacionados con el tema (Ver Anexo A).

Esta revisión se concentró en parámetros tales como la relación carbono nitrógeno (C/N), el porcentaje de humedad, el tamaño de las partículas, pH, el porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total, potasio total y la conductividad eléctrica, los cuales son considerados fundamentales en el proceso de compostaje.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE ENMIENDA Y SOPORTE

Esta etapa estuvo enfocada en el inventario de los materiales de enmienda y soporte en el área de influencia del páramo de Berlín, el cual se realizó a través de consulta previa de los usos de suelo del sector obtenida de documentos institucionales tales como CORPONOR *et al.* (2008) y Suarez *et al.* (2008), con la finalidad de tener una visión global de los posibles materiales y el volumen a encontrar. Dichos datos fueron corroborados con una visita de reconocimiento donde se llevó a cabo la toma de datos importantes a través de un formato de inspección realizado a dos agricultores que fueron seleccionados por ser de los que presentan cultivos con la mayor extensión de la zona de estudio (Ver Anexo B). Las figuras 1 y 2 presentan algunos de los materiales encontrados en la zona:

Figura 1. Estiércol Bovino



Figura 2. Residuos de papa



Seguidamente se pasó a la identificación y determinación de los materiales de enmienda o de soporte, que junto a los residuos de cebolla junca y gallinaza, satisfacen los criterios del sustrato para el inicio del proceso de compostaje. Se hizo énfasis en la relación C/N y el % de humedad a través del análisis de balances de masa, aplicando las siguientes formulas postuladas por Trautmann, N & Krasny, M. (1997), en las siguientes condiciones:

Para el caso de la humedad:

$$G = \frac{(W_1 * M_1) + (W_2 * M_2) \dots}{W_1 + W_2 \dots}$$

En el cual:

G = objetivo de humedad (%)

Wn = masa de material n ("tal cual" o "peso en húmedo")

Mn = contenido de humedad (%) del material n

Con la condición de que la suma de las tres masas fuera igual a 100 Kg.

$$W_2 + W_1 + W_3 = 100$$

Para el caso de la relación C/N:

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

En el cual:

R = relación C: N de la mezcla de compost

Wn = masa de material n ("tal cual" o "peso en húmedo")

Cn = carbono (%) de material n

Nn = nitrógeno (%) de material n

Mn = contenido de humedad (%) del material n

Se realizó un cuadro comparativo en donde se muestra cuales materiales de enmienda o soporte satisfacen los valores de relación C/N de 25:1 con sus respectivas humedades y cuales cumplen una relación C/N de 20:1 con sus respectivas humedades, utilizando las ecuaciones anteriormente mencionadas, esto con el fin de reunir la información necesaria para la identificación de los potenciales materiales de enmienda en el proceso de compostaje a realizar. El cuadro comparativo se presenta en el Anexo C.

2.3. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SELECCIÓN

Para determinar y seleccionar los materiales de enmienda y soporte idóneos, se construyó una herramienta tipo Matriz (en Microsoft Excel) que permite por medio de promedios ponderados y de criterios semicualitativos establecer el mejor material a utilizar para el proceso de compostaje, de acuerdo a su ponderación. Para su desarrollo, se llevaron a cabo los siguientes pasos (Ver Tabla 1):

1. Se eligieron las variables incidentes en la selección de los materiales de enmienda. Para la elección de dichas variables se tuvieron en cuenta las características más importantes a suplir en el compostaje y la *tabla de criterios de selección de materiales para mejorar la calidad de los sustratos* propuesta por Oviedo *et al.* (2016).
2. Se le asignó un peso en porcentaje a cada variable según se considera su importancia. Dicha importancia prioriza el dinero a invertir (costo de adquisición, costo de transporte-distancia del material a la vía principal), luego

considera las características físico-químicas de los materiales y por último, la disponibilidad de material.

- Se estableció una lista de las posibles condiciones de cada una de las variables y se asignó un valor en el rango de 0 a 5 puntos para cada valor especificado o rango, siendo 0 el valor asignado a las peores condiciones y 5 a las condiciones más favorables. Estos valores asignados se basan principalmente en los rangos propuestos por Oviedo *et al.* (2016) En la tabla de *criterios de selección de materiales para mejorar la calidad de los sustratos.*

Tabla 1. Criterios utilizados para el desarrollo de la matriz de evaluación.

Peso	Variable a Evaluar	Valores Posibles	Calificación (puntos)
15%	Satisface de manera adecuada el % de humedad del material a compostar.	55% - 65%	5
		65% - 80%	3
		>80%	0
15%	Satisface de manera adecuada el pH del material a compostar.	6.0 – 7.5	5
		>7.5	0
10%	Cantidad mínimo de material requerido para satisfacer de manera adecuada la relación C/N de material a compostar	0 – 30 kg	5
		30 – 50 kg	4
		50 - 70 kg	3
		70 – 100 kg	2
		> 100 kg	1
20%	Costo de adquisición del material	No tiene costo	5
		\$ 100 – 1,000 pesos/kg	3
		> \$ 1,000 pesos/kg	1
10%	Tipo de vía de acceso para la consecución del material	Pavimentada	5
		Afirmado	4
		Carreteable	3
		Trocha	2
		No existe	1
20%	Distancia del material a la vía principal	0 – 10 m	5
		10 – 50 m	3

		50 – 100 m	2
		> 100 m	1
10%	Se alcanza a recolectar en la zona la cantidad de material necesaria para el ciclo de compostaje	Si	5
		No	0

Fuente: Tomado y modificado de: Oviedo *et al.* 2016.

Se recalca que, en la aplicación de esta matriz, se evaluaron los sustratos que cumplen con una mezcla que satisface una relación C/N de 25:1.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS DE GALLINAZA Y DEL MATERIAL DE POSTCOSECHA DE CEBOLLA JUNCA.

Para poder definir las condiciones del proceso de compostaje de gallinaza y residuos provenientes de la cebolla junca, se llevó a cabo un análisis comparativo de algunos parámetros iniciales primordiales para el proceso de compostaje, entre datos reportados en la literatura (obtenidos de la revisión de 37 artículos de investigación recolectados de la base de datos Sciencedirect y 7 libros relacionados con el tema), con los valores estandarizados por Enayetullah *et al.* (2006), Chiumenti *et al.* (2005) y Díaz *et al.* (2010).

Los parámetros considerados fueron, **la relación carbono nitrógeno (C/N)**, indispensable para el crecimiento y división celular de los organismos que llevan a cabo el proceso de degradación de la materia orgánica (Enayetullah *et al.*, 2006); el **porcentaje de humedad**, ya que de este depende la cantidad de fase líquida de la materia, a partir de la cual los microorganismos llevan a cabo la absorción de nutrientes; el **tamaño de las partículas**, ya que del tamaño del material inicial depende en gran medida la tasa de compostaje (Román *et al.*, 2013); el **pH**, el cual define la supervivencia de los microorganismos y la actividad microbiana; el **porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total y potasio total**, ya que estos determinan la disponibilidad de nutrientes y la cantidad final de los mismos en el producto final, y por último, **la conductividad eléctrica**, la cual indica la cantidad de sales presentes en la solución del sustrato, cuyo alto valor es perjudicial ya que afecta la capacidad de las plantas para tomar agua y nutrientes del material compostado (Bueno *et al.*, 2008) (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de los valores iniciales estandarizados para un buen compostaje y los presentes en la gallinaza y la cebolla junca.

Parámetro Evaluado	Enayetullah <i>et al.</i> (2006)	Chiumenti <i>et al.</i> (2005)	Díaz <i>et al.</i> (2010)	Contenido en Gallinaza¹	Contenido en la Cebolla Junca²
C/N	25:1 - 40:1	25:1 - 35:1	20:1 – 25:1	13:1	17:1
% Humedad	40 – 60	40 - 60	30 – 70	35.8	90
Tamaño de la partícula	< 25 cm	2.5 – 7.5 cm	5 cm - 15 cm		25 cm
pH	6.5 – 7.5	5.5 – 8.0	6.5 – 7.5	7.8	5.7
Materia Orgánica (% Base seca)	50 - 70	20 - 40	40 - 50	60	
Nitrógeno total (% Base seca)	2.5 - 3	1.24 -2.5	1.5 – 3.8	3.8	1.68
Fósforo (%Base seca)		0.18 – 0.59	0.13 – 0.46	3.12	0.42
Potasio (%Base seca)		1.14 - 3.18	0.0184 - 0.36	2.35	1.4
Conductividad Eléctrica (mS/cm)			0.8 – 4.07	4.16	

Fuente: Promedios tomado de la revisión de 37 artículos, ² promedios tomados de la revisión de 6 documentos de investigación.

Al hacer el análisis comparativo, se observa que para la gallinaza se tienen condiciones favorables en cuanto a la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, pero cantidades bajas en la relación C/N y el porcentaje de humedad con respecto a los recomendados en la literatura y que los valores de pH, nitrógeno total, fósforo total, potasio total y conductividad eléctrica están muy por encima del estandarizado. En cuanto a la cebolla junca se observan valores críticos en la relación C/N y pH, los cuales están muy por debajo del valor óptimo, además de que cuenta con un porcentaje de humedad muy elevado.

Lo anterior sugiere que para el proceso de compostaje de la gallinaza y la cebolla junca es de vital importancia adicionar materiales de enmienda ricos en carbono que compensen la baja relación C/N, evitando así la pérdida de nitrógeno durante el compostaje, tal como restos de poda, hojas secas, aserrín o madera triturada (Román *et al.* 2013). En cuanto a la conductividad eléctrica, se cuenta con un valor muy alto, el cual aumenta la cantidad de sales disueltas, pudiendo causar fitotoxicidad en los cultivos donde se aplique el compost, por lo que es necesario llevar a cabo prácticas de lixiviación controlada que corrijan la salinidad del material compostado (Barbaro *et al.* 2000). Para los valores de pH y el porcentaje de humedad, se considera que la mezcla de los dos sustratos podría equilibrar valores entre sí, por lo cual no hace falta adicionar otros materiales. Así mismo, aunque se cuenta con altos valores de nitrógeno total, fósforo total y potasio total, no es necesario controlar ya que esto afectan de manera positiva la calidad del compost (Enayetullah *et al.*, 2006).

Cabe recalcar que, aunque se analizaron los parámetros iniciales estandarizados como los recomendados para un adecuado proceso de compostaje, algunos de éstos no se controlan solamente en la etapa inicial, sino que es necesario monitorearlos durante el proceso, tales como el porcentaje de oxígeno, el porcentaje de humedad y la temperatura, esta última dependiente en gran manera de las dos primeras mencionadas (Román *et al.*, 2013). La concentración de oxígeno es importante para la proliferación de los microorganismos aeróbicos encargados del proceso de degradación y el cual puede ser incluido en la pila de compostaje volteando el material con frecuencia o a través de estructuras sencilla de ventilación; el contenido de humedad (40% - 60%) que como se había ya mencionado, en exceso retrasa la descomposición y causaría la aparición de gases tóxicos, sin olvidar que su déficit hace lenta la actividad de los microorganismos aeróbicos debido a la falta de nutrientes; y por último, la temperatura (hasta 65°C), la cual determina la rapidez del proceso de

descomposición, la eliminación de semillas de hierbas malas, larvas de insectos o patógenos humanos presentes en los desechos (Román *et al.*, 2013).

Por otro lado, se realizó un estudio estadístico descriptivo en donde se calculó, valor máximo, valor mínimo, promedio, la desviación estándar, la cual muestra que tan dispersos se encuentran los datos con respecto a su media, la varianza que es el cuadrado de la desviación estándar, el coeficiente de variación que es la relación entre la desviación estándar y su media (Ver Anexo D) y un diagrama de caja y bigotes para cada uno de los parámetros estudiados (Ver Anexo E), el cual permite ilustrar gráficamente el comportamiento de los valores encontrados, todo esto con el fin de poder analizar más a fondo cada uno de los sustratos (gallinaza y cebolla junca). Para cada uno de los parámetros se tomó una muestra de datos aleatoria teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos obtenidos de la recopilación de información de los 37 artículos de investigación nombrados anteriormente (Ver Anexo A).

Como resultado de este estudio, en el Anexo D se puede observar que para la gallinaza se encontraron valores muy dispersos en parámetros tales como el porcentaje de humedad, nitrógeno total y fósforo, mientras que la relación C/N, el pH y el potasio presentan valores bastante cercanos con respecto a su media. Por otro lado la cebolla junca presenta valores de nitrógeno total, pH y potasio bastante cercanos pero para la relación C/N, el fósforo y el porcentaje de humedad sus valores se encuentran muy dispersos con respecto a su media. Este estudio muestra que todos los reportes ilustran valores que pueden variar y que por ende se hace necesario realizar caracterizaciones específicas, tales como las nombradas anteriormente de los materiales que se procesarán a lo largo del estudio.

3.2. MATERIALES DE ENMIENDA O DE SOPORTE

El páramo de Berlín, localizado en el norte de la Cordillera Oriental de Colombia cubriendo un área de 44,272 hectáreas posee una invaluable variedad florística (142 especies), faunística (43 especies) y paisajística que junto a su potencial hídrico, es considerado como un territorio estratégico de servicios ambientales para el Nororiente Colombiano (Restrepo et al. 2008, CORPONOR). Ésta área cuenta con una cobertura y uso actual de suelos como se indica en la Tabla 3: (CORPONOR, Restrepo *et al.* 2008 y Suarez *et al.*).

Tabla 3. Cobertura y uso actual de suelo

Cobertura y Usos	Área (has)
Vegetación de paramo (pajonales, herbáceas de páramos y arbustos)	35,675
Cultivo de cebolla	4,328
Pastos naturales	2,779
Cultivos, pastos y rastrojos	903
Otros (Pastos con árboles, rastrojos, afloramiento rocoso, coníferas, bosque secundario)	587
Total	44,272

Fuente: Tomado y modificado de: Restrepo *et al.* 2008.

Esta zona de páramo se caracteriza por tener un sistema de producción agrícola y pecuario, el primero de ellos incluye el cultivo de cebolla junca (un área de 610 has. con cosechas de aproximadamente 40,320 ton/año), papa (con un área de 900 has. con cosechas de aproximadamente 27,510 ton/año), frutales (236 has en fresa, curuba y tomate de árbol) y en menor cantidad de frijol, maíz, arveja, hortalizas y trigo, todos ellos localizados en los sectores aledaños a Berlín, la Laguna, Silos y Tona (CORPONOR). Por otro lado, la actividad pecuaria se ve representada principalmente por la ganadería bovina con 9,747 cabezas, ovina con 125 cabezas y porcina con 489 cabezas distribuidas en los sectores de Silos, Tona y Mutiscua; otras actividades pecuarias que se desarrollan a menor escala

son la avicultura y piscicultura principalmente en Tona y Silos, con cría de trucha de aproximadamente 10,000 alevinos (CORPONOR, Restrepo *et al.* 2008 y Suarez *et al.*).

Con el fin de determinar cuáles de los sustratos disponibles en la zona de estudio permiten una mezcla junto con los residuos de cebolla junca y gallinaza que satisfaga los criterios iniciales considerados como óptimos para el proceso de compostaje, se hizo una tabla que lista dichos materiales junto con los valores promedios de aquellas características anteriormente identificadas como valores críticos necesarios por regular con algún material de enmienda, tales como la relación carbono-nitrógeno (C/N) con sus valores máximos y mínimos y su desviación estándar respectiva, la conductividad eléctrica (CE). Por último, se consideró el % de humedad y el pH, que aunque son características que no se necesitan compensar, son parámetros importantes a tener en cuenta (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Valores promedios de algunas de las características fisicoquímicas

Sustrato	Elemento									
	Humedad	C	N	C/N	C/N MÁX	C/N MÍN	Desv. Estándar	pH	CE	MO
Residuos Vegetales	80	57.98	3.97	14.6	17	12	1.621	5.03	0.45	25
Estiércol Bovino	62.12	37.64	2.37	15.88	25	4	4.832	8.05	3.18	55.15
Residuos de Alimentos	80	51.68	2.4	21.53	34	15	4.223	4.31	1.29	10.42
Residuos de Fruta	80	64.2	1.52	42.2	50	34.8	5.276	5.22		
Estiércol Equino	72.85	35.35	0.93	38	53	23	9.712	8.24	1.86	81
Estiércol Ovino	20	41.68	2.08	20	20	4.31	3.278	8.46	8.78	69.33
Estiércol Porcino	70.78	37.74	3.113	12.12	20.22	12	2.757	7.17	1.93	64.25
Residuos de papa	77.45	28.7	1.133	25.3	35	14	6.598	6.2		

de los posibles materiales de enmienda.

Fuente: promedios tomados de la revisión de 37 artículos de investigación.

Posteriormente, a través del análisis de balances de masa, aplicando las formulas postuladas por Trautmann, N & Krasny, M. (1997), se procedió a evaluar cada uno de los sustratos; se hicieron dos evaluaciones, la primera de ellas con un valor constante para la relación C/N de 20:1 y la segunda con una relación C/N de 25:1, cada una con sus respectivos valores de porcentaje de humedad correspondiente, (Ver Anexo C).

En la primera evaluación, se obtuvo que los residuos de alimentos, los residuos de frutas, el estiércol equino y los residuos de papa cumplen con las características necesarias para realizar una mezcla que satisfaga la relación C/N de 20:1, aunque

los residuos de fruta y papa presentan un contenido de humedad muy alto, característica que no se considera crítica ya que por medio de técnicas de lixiviación se podría controlar. En la segunda evaluación, donde el criterio primordial era cumplir una relación C/N de 25:1, se observa un resultado similar a la primera evaluación, con la excepción de que los residuos de alimentos no cumplen con dicho criterio.

Debido a lo anterior, se concluye que, de los sustratos disponibles en la zona de estudio, los residuos de frutas, el estiércol equino y los residuos de papa son los materiales de enmienda que cumplen con una relación de mezcla junto con los residuos de cebolla y gallinaza, satisfaciendo las características fisicoquímicas deseadas para el inicio del proceso de compostaje.

3.3. MATRIZ DE SELECCIÓN

En la visita realizada se recolectaron los datos correspondientes a la cantidad de material obtenido por mes, costo de adquisición por kilogramo, tipo de vía de ingreso para la recolección del material y la distancia a la que se encuentra el material tomando como referencia la vía principal, dichos datos se encuentran definidos en los formatos de inspección diligenciados en la visita y que se presentan en el Anexo B, con estos datos recolectados se procedió a obtener la calificación respectiva de cada uno de los materiales de enmienda o soporte (Ver Tabla 5), teniendo como referencia el cuadro de criterios para la selección de la matriz presentado en la Tabla 1, para poder así, diligenciar la matriz de selección, teniendo como resultado que los residuos de fruta muestran el mayor puntaje y por ende son el material de enmienda o de soporte de mayor potencial para este caso de estudio, seguido por los residuos de papa y finalizado por el estiércol equino el cual obtuvo el menor puntaje (Ver Tabla 6).

Tabla 5. Calificación respectiva de cada uno de los materiales de enmienda o soporte

Variable a Evaluar	Valores Posibles	C	EE		RF		RP	
			C	V	C	V	C	V
Satisface de manera adecuada el % de humedad del material a compostar.	Si	5	5	74.60%	5	74.02%	5	77.66%
	No	0						
Satisface de manera adecuada el pH del material a compostar.	Si	5	0	8.24	5	5.22	5	6.2
	No	0						
Cantidad mínimo de material requerido para satisfacer de manera adecuada la relación C/N de material a compostar	0 – 30 kg	5	4	42.4 kg*ha	3	51.43 kg*ha	2	96.18 kg*ha
	30 – 50 kg	4						
	50 - 70 kg	3						
	70 – 100 kg	2						
	> 100 kg	1						
Costo de adquisición del material	No tiene costo	5	1	2,000 \$/kg	5	0 \$/kg	5	0 \$/kg
	100 – 1,000 pesos*kg	3						
	> 1,000 pesos*kg	1						

Variable a Evaluar	Valores Posibles	C	EE		RF		RP	
			C	V	C	V	C	V
Tipo de vía de acceso para la consecución del material	Pavimentada	5	4	Afirmada	4	Afirmada	4	Afirmada
	Afirmado	4						
	Carreteable	3						
	Trocha	2						
	No existe	1						
Distancia del material a la vía principal	0 – 10 m	5	1	200 m	3	30 m	2	100 m
	10 – 50 m	3						
	50 – 100 m	2						
	> 100 m	1						
Se alcanza a recolectar en la zona la cantidad de material necesaria para el ciclo de compostaje	Si	5	5	50 kg/mes	0	25 kg/mes	0	30 kg/mes
	No	0						

Fuente: Estiércol equino (EE), residuos de fruta (RF), residuos de papa (RP), calificación (C), valor (V).

Tabla 6. Matriz de evaluación para los diferentes residuos

Valor Máx. 5 Valor Mín. 0 Peso	Variable a Evaluar	Material Evaluado					
		EE		RF		RP	
		C	Peso	C	Peso	C	Peso
15	Satisface de manera adecuada el % de humedad del material a compostar	5	15	5	15	5	15
15	Satisface de manera adecuada el pH del material a compostar.	0	0	5	15	5	15
10	Cantidad mínimo de material requerido para satisfacer de manera adecuada la relación C/N de material a compostar	4	8	3	6	2	4
20	Costo de adquisición del material	1	4	5	20	5	20
10	Tipo de vía de acceso para la consecución del material	4	8	4	8	4	8
20	Distancia del material al sitio principal de almacenamiento	1	4	3	12	2	8
10	La cantidad de material necesaria para el ciclo de compostaje es la necesaria	5	10	0	0	0	0
		Total	49		76		70

4. CONCLUSIONES

El proyecto permitió identificar las deficiencias que presenta el compostaje en las características fisicoquímicas de los residuos de cebolla junca, como lo son altos valores de humedad, potasio y fósforo, limitada relación C/N y pH de características ácidas. De otro lado, la gallinaza presenta un contenido nutricional favorable para el proceso, sin embargo debe complementarse con materiales ricos en Carbono que equilibren la relación C/N de este material. Se observa que estos materiales no se complementan en aspectos críticos como la relación C/N, humedad y pH, siendo necesaria la identificación de otros materiales complementarios, principalmente aquellos ricos en carbono, que compensen las características fisicoquímicas, teniendo en cuenta que tanto la humedad como el pH podrían equilibrarse en la mezcla de los dos sustratos (gallinaza y cebolla junca).

En el área de estudio se encontraron materiales de enmienda y soporte tales como residuos vegetales, estiércol bovino, residuos de alimentos, residuos de fruta, estiércol equino, estiércol ovino, estiércol porcino y residuos de papa, pero de todos ellos los únicos que al mezclarlos junto con los residuos de cebolla y gallinaza satisfacen las características fisicoquímicas deseadas para el inicio del proceso de compostaje fueron el estiércol equino, los residuos de fruta y los residuos de papa.

Gracias a la utilización de la herramienta tipo matriz la cual evalúa criterios semicualitativos por medio de promedios ponderados, se hizo la selección del material de enmienda y soporte de mayor potencial para este caso de estudio, obteniéndose como resultado que los residuos de fruta son los más propicios a

utilizar junto a los residuos de cebolla junca y gallinaza en el proceso de compostaje.

5. RECOMENDACIONES

Como recomendación se debe tener en cuenta que en el proceso de compostaje no solo es importante regular las características fisicoquímicas iniciales, sino que este también depende de controles periódicos que se deben llevar a cabo con un monitoreo constante durante todo el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbaro, L., Karlanian, M., Mata, D. (2000). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica en los sustratos para plantas. *Ministerio de Agricultura, Ganaderia Y Pesca*.
- Barbosa, G., Oliveira, J., Miyazawa, M., Ruiz, D., Filho, J. (2015). Aggregation and clay dispersion of an oxisol treated with swine and poultry manures. *Soil and Tillage Research*, 146(PB), 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.022>
- Borowski, S., Weatherley, L. (2013). Co-digestion of solid poultry manure with municipal sewage sludge. *Bioresource Technology*, 142, 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.05.047>
- Martinez, P., García, D., Silva, P., Vargas, G., Valderrama, F. (2011). MANEJO DE RESIDUOS GENERADOS DIRECTA O INDIRECTAMENTE POR EL CULTIVO DE CEBOLLA EN AQUITANIA (BOYACA-COLOMBIA) *Revista aidis*, 4(2), 35–47.
- Burra, K., Hussein, M., Amano, R., Gupta, A. (2016). Syngas evolutionary behavior during chicken manure pyrolysis and air gasification. *Applied Energy*, 181, 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.095>
- Castro, A., (2012), Informe anual sobre el estado de los recursos naturales y medio ambiente departamento de santander, Control Fiscal Preventivo , Proactivo y Participativo Control Fiscal Preventivo , Proactivo y Participativo. (10).
- Cui, E., Wu, Y., Zuo, Y., & Chen, H. (2016). Effect of different biochars on antibiotic resistance genes and bacterial community during chicken manure composting.

Bioresource Technology, 203, 11–17.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.12.030>

Díaz, L. E., Henao, A., Ramírez, L. A., Ph, D., Ingeniería, P., Universidad, Q., ... Común, P. (2013). Residuo Agrícola De Cebolla Larga Como Fuente De Ácido Giberélico Agricultural Welsh Onion Waste As a Source of Gibberellic Acid, 369–377.

Dimas, J., Díaz, A., Martínez, E., Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, 293–299.

DANE.(2015). La cebolla de rama o cebolla junca (*Allium fistulosum*), una hortaliza de gran importancia.

Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.*

Palma, C. (2012). Characterisation, kinetics and modelling of gasification of poultry manure and litter: An overview. *Energy Conversion and Management*, 53(1), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2011.08.017>

Gaind, S., Nain, L. (2010). Exploration of composted cereal waste and poultry manure for soil restoration. *Bioresource Technology*, 101(9), 2996–3003. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.016>

Rueda, B., Malagón, C. (2006). Estabilidad del sabor y del aroma de la cebolla junca “*Allium fistulosum*.L” en la elaboración industrial de pasta para condimentar.

Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidaki, I., Mavris, V. (2007). Optimization of

biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. *Renewable Energy*, 32(13), 2147–2160. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.11.015>

Giles, C., Cade-Menun, B., Liu, C., Hill, J. (2015). The short-term transport and transformation of phosphorus species in a saturated soil following poultry manure amendment and leaching. *Geoderma*, 257–258, 134–141. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.007>

HAO, X., ZHOU, D., CHEN, H., DONG, Y. (2008). Leaching of Copper and Zinc in a Garden Soil Receiving Poultry and Livestock Manures from Intensive Farming. *Pedosphere*, 18(1), 69–76. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(07\)60104-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(07)60104-0)

Instituto Humboldt Colombia, CORPONOR, CDMB. (2008). Declaratoria de un área de manejo especial en el páramo de Berlín, 16.

Jindo, K., Suto, K., Matsumoto, K., García, C., Sonoki, T., Sanchez, M. (2012). Chemical and biochemical characterisation of biochar-blended composts prepared from poultry manure. *Bioresource Technology*, 110, 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.01.120>

Kafle, G, Chen, L. (2016). Comparison on batch anaerobic digestion of five different livestock manures and prediction of biochemical methane potential (BMP) using different statistical models. *Waste Management*, 48, 492–502. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.021>

Khaliq, A., Kaleem, M. (2015). Improvements in the physical and chemical characteristics of degraded soils supplemented with organic-inorganic amendments in the Himalayan region of Kashmir, Pakistan. *Catena*, 126, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.11.015>

Li, Y., Li, Y., Zhang, D., Li, G., Lu, J., & Li, S. (2015). Solid state anaerobic co-

digestion of tomato residues with dairy manure and corn stover for biogas production. *Bioresource Technology*, 217, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.111>

Li, Y., Zhang, R., Chen, C., Liu, G., He, Y., & Liu, X. (2013). Biogas production from co-digestion of corn stover and chicken manure under anaerobic wet, hemi-solid, and solid state conditions. *Bioresource Technology*, 149, 406–412. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.091>

Muñoz, L., Lucero, A. (2007). Evaluación de la asociación ácaros-hongos causantes del amarillamiento de la cebolla junca *Allium fistulosum*. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(2), 129–132.

Márquez P., Díaz M., Cabrera, F. (2005). Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales*, 16.

Materechera, S., Mkhabela, T. (2002). The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash in ameliorating acidity in a soil previously under black wattle (*Acacia mearnsii*) plantation. *Bioresource Technology*, 85(1), 9–16. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00065-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00065-2)

Nanda, S., Dalai, A., Gökalp, I., Kozinski, J. (2016). Valorization of horse manure through catalytic supercritical water gasification. *Waste Management*, 52, 147–158. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.049>

Pérez, A., Céspedes, C., Nuñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutricion Vegetal*, 8(4), 10–29. <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000300002>

Petric, I., Helić, A., Avdić, E. (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. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.04.046>

Pinzón, H. (2009). Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia: estado del arte y perspectivas Onion and garlic crops in Colombia: current state and prospects. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(1), 45–55.

Restrepo, J., Suárez, C., Álvarez, M. (2008). Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado de los recursos naturales “Páramo de Berlín.” *Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga.*, 103.

Oviedo-Ocaña, R., Marmolejo-Rebellon, L., Torres-Lozada, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo . Lecciones desde Colombia, (número 1), 31–42.

Rothenberger, S., Zurbrügg, C., Enayetullah, I., Sinha, M. (2006). *Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle- Income Countries*.

Sánchez-García, M., Albuquerque, J., Sánchez-Monedero, M., Roig, A., Cayuela, M. (2015). Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. *Bioresource Technology*, 192, 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.05.003>

Scholberg, J., Dogliotti, S., Leoni, C., Cherr, C., Zotarelli, L., Rossing, W. (2010). *Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming. Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming* (Vol. 4). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-8741-6>

Sepúlveda, L., Alvarado, J. (2013). *Manual de Compostaje. Manual de Aprovechamiento de Residuos Organicos a traves de sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá.*

Shen, X., Huang, G., Yang, Z., & Han, L. (2015). Compositional characteristics and energy potential of Chinese animal manure by type and as a whole. *Applied Energy*, 160, 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.034>

Trautmann, N & Krasny, M. (1997). COMPOSTING IN THE CLASSROOM - Scientific Inquiry for high school students, 126.

Suárez, C., Villalba, R., López, H., Restrepo, J., Ardila, E., Gualdrón, J., Zapata, E. (2007). CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DEL PÁRAMO DE BERLÍN – UNIDAD BIOGEOGRÁFICA DE SANTURBÁN, MEDIANTE LA DECLARATORIA DE UN ÁREA DE MANEJO ESPECIAL. CDMB.


Wang, Q., Wang, Z., Awasthi, M. K., Jiang, Y., Li, R., Ren, X., Zhang, Z. (2016). Evaluation of medical stone amendment for the reduction of nitrogen loss and bioavailability of heavy metals during pig manure composting. *Bioresource Technology*, 220, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.081>

ANEXOS

ANEXO A. Listado de los artículos y libros de revisión.

Número	Documento	Año-Primer Autor-Nombre del Documento
1	ARTÍCULOS	2000-Lorena A. Barbaro-Importancia del ph y la conductividad electrica en los sustratos para las plantas
2		2001-José Dimas López-Mtz-ABONOS ORGANICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FISICAS
3		2002-S.A. Materechera-The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash
4		2005-Mónica María Estrada-Manejo y procesamiento de la gallinaza
5		2006-BIBIANA PATRICIA RUEDA GARCÍA-ESTABILIDAD DEL SABOR Y DEL AROMA DE LA CEBOLLA JUNCA
6		2007-John Gelegenis-Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure
7		2008-Aridio Pérez-CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE ENMIENDAS ORGÁNICAS
8		2008-HAO Xiu-Zhen-Leaching of Copper and Zinc in a Garden Soil Receiving Poultry
9		2008-Pedro Márquez-Factores que afectan al proceso de compostaje
10		2009-Ivan Petric-Influence of wheat straw addition on composting of organic fraction of municipal solid waste
11		2009-Salma Hachicha-Biological activity during co-composting of sludge issued from the OMW
12		2010-Sunita Gaiind-Exploration of composted cereal waste and poultry manure for soil restoration
13		2011-Patricia Martínez-Nieto-MANEJO DE RESIDUOS GENERADOS DIRECTA
14		2012-Carolina Font-Palma-Characterisation, kinetics and modelling of gasification of poultry manure
15		2012-Charles Michael Williams-Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo
16		2012-Ivan Petric-Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting
17		2012-Keiji Jindo-Chemical and biochemical characterisation of biochar-blended composts
18		2012-Rocío Alexandra Ortiz-Paz-ETIOLOGÍA DE LA PUNTA BLANCA DE LA CEBOLLA
19		2013-Sebastian Borowski-Co-digestion of solid poultry manure with municipal sewage sludge
20		2013-Yeqing Li-Biogas production from co-digestion of corn stover and chicken manure
21		2014-Liu Wei-Biochar influences the microbial community structure during tomato
22		2014-LUIS ALBERTO PIO MACAY-"COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DEL CULTIVO DE CEBOLLA
23		2015-Abdalkhakim M. Ksheem-Towards a method for optimized extraction of soluble nutrients
24		2015-Abdul Khaliq-Improvements in the physical and chemical characteristics of degraded
25		2015-Courtney D. Giles-The short-term transport and transformation of phosphorus species
26		2015-Graziela Moraes-Aggregation and clay dispersion of an oxisol treated with swine and
27		2015-K.J. Thornton-Effects of dietary potato by-product and rumen-protected histidine
28		2015-M. Sánchez-García-Biochar accelerates organic matter degradation and enhances
29		2015-Xiuli Shen-Compositional characteristics and energy potential of Chinese animal
30		2016-Gopi Krishna Kafle-Comparison on batch anaerobic digestion of five different livestock
31		2016-K.G. Burra-Syngas evolutionary behavior during chicken manure pyrolysis
32		2016-Michal Kopec-Factors influencing chemical quality of composted
33		2016-Mukesh Kumar Awasthi-Co-composting of gelatin industry sludge combined with organic
34		2016-Quan Wanga-Evaluation of medical stone amendment for the reduction of nitrogen
35		2016-Shaohua Wu-Effects of CN ratio and bulking agent on speciation of Zn and Cu
36		2016-Yajun Zhang-Effects of adding different surfactants on antibiotic resistance genes
37		2016-Yangyang Li-Solid state anaerobic co-digestion of tomato residues with dairy manure
1	LIBROS	2010-L. F. Díaz-COMPOST SCIENCE AND TECHNOLOGY
2		1997-NANCY M. TRAUTMANN-Composting in the Classroom
3		2006-Silke Rothenberger-Decentralised Composting for Cities of Low- and Middle- Income Countries
4		2011-Eliot Epstein-INDUSTRIAL COMPOSTING Environmental Engineering and Facilities Management
5		1993-Arnold van de Klundert-Organic Waste Options for small-scale resource recovery
6		2011-THOMAS H. CHRISTENSEN-Solid Waste Technology & Management
7		2001-Nadine Dulac-The Organic Waste Flow in Integrated Sustainable Waste Management

ANEXO B. Formato de inspección

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				Fecha
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS				
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL				
FORMATO INSPECCIÓN CULTIVO CEBOLLA JUNCA				 
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SIEMBRA DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA:				
<p>Como primera instancia se realiza el arado del suelo, se abona con gallinaza y ruzque de arroz o cal. luego se siembra, luego de un mes y medio se realiza el proceso de desyerbe el cual consiste en quitar la maleza y tapar la cebolla con mas tierra para que crezca, el proceso de fertilización del cultivo se realiza cada 8 o 10 días dependiendo del dueño del cultivo, después de tres meses y medio se realiza el proceso de arranque en el cual, con un azadon se arranca parte de la mata y la otra parte se limpia y se deja en el sitio para que siga produciendo, nuevamente al mes y medio se realiza el proceso de desyerbe y a los tres meses y medio vuelve y se arranca y así sucesivamente, los cultivos duran en este ciclo por lo general 4 o 5 años.</p>				
ÁREA APROX. DE SIEMBRA (M2)				
El área aproximada de siembra para este cultivo es de 3600 m2, es decir, 90 m de fondo por 40 m de ancho				
ÁREA PREDIO (M2)				
El área aproximada para este predio es de 4200 m2, es decir, 105 m de fondo por 40 m de ancho				
ÁREA ALMAC.TO (M2)				
El área de almacenamiento es de 24 m2, es decir, 6 m de fondo por 4 m de ancho				
NÚMERO DE TRABAJADORES (Ha)				
El número de trabajadores varía según el dueño del cultivo, pero normalmente en una hectárea de cultivo trabajan 5 obreros diariamente				
DESCRIPCIÓN DE COSECHA, PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN (Ha)				
Como se había mencionado antes la cosecha se realiza cada tres meses y medio, la producción diaria son aproximadamente 25 ruedas de 35 kg cada una, la cual tiene un valor de comercialización que varía según el comportamiento de la cosecha en el país, cuanto se comercializa en un precio económico la rueda se vende entre los 8000 y 15000 pesos, pero cuando se pone cara llega a valer hasta 120000 pesos cada rueda.				
2. INSUMOS, FERTILIZANTES, AGROQUÍMICOS Y/O MATERIALES UTILIZADOS				
Los productos utilizados como fertilizantes son el platanero o también abonos orgánicos tales como el 10-30-10, urea, potasio y crecer 500, cuando el cultivo presenta hongos les inyectan vitabax y las yerbas las fumigan con un herbicida llamado Goald				
3. DESCRIPCIÓN BREVE DEL MANEJO DE RESIDUOS				
El manejo de los residuos lo realizan en dos partes diferentes, los residuos de la cebolla junca como lo son las cebollas que se mueren por efecto de los hongos o las babosas, la calceta que es los gajos que le arrancan a la cebolla para limpiarla y demás, todos estos son depositados en un fozo en el cual lo utilizan para hacer abono, pero por otro lado, todo lo que son los desechos de las bolsas de los abonos o venenos, residuos de alimentos o empaques de comida son recolectados y clasificados para la recolección respectiva realizada por la empresa de aseo				
4. OTROS POSIBLES RESIDUOS	5. DISTANCIA AL SITIO DE ALMACENAMIENTO (M)	6. COSTO DE ADQUISICIÓN (PESOS/KG)	7. CANTIDAD RECOLECTADA POR MES	
* Estiércol equino	* 200 m	* 2000 (pesos/kg)	* 50 kg/mes	
* Residuos de frutas	* 30 m	* No tiene costo	* 25 kg/mes	
* Residuos de papa	* 100 m	* No tiene costo	* 30 kg/mes	
* Residuos de cebolla junca	* 20 m	* 1000 (pesos/kg)	* 30 kg/mes	
*	*	*	*	
Nota: La cantidad de gallinaza empleada por hectárea es de aproximadamente 100 kg de abono cada cosecha				
8. TIPO DE VÍA DE INGRESO AL CULTIVO				
* PAVIMENTADO	Se encontró que el tipo de vía de ingreso para todos los casos es una vía afirmada			
* AFIRMADO				
* CARRETEABLE				
* TROCHA				
* NO EXISTE				
REALIZADO POR:	HAMINTON ARIAS MURCIA			
	estudiante de ingeniería civil			
	Universidad Industrial De Santander			

ANEXO C. Cuadro comparativo de los materiales de enmienda y de soporte

	C/N	25	Humedad (%)	C	N	C/N (25:1)	Comprobación		C/N (20:1)	Comprobación	
			Masa (Kg)	C/N	Humedad (%)	Masa (Kg)	C/N	Humedad (%)			
MATERIALES DE ENMIENDA	1	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	1,00	25,00	96,25	1,00	20,00	93,84
		Cebolla	90,00	17,00	1,00	166,89			142,84		
		Residuos Vegetales	80,00	14,60	1,00	-67,89			-43,84		
			Peso Total			100,00			100,00		
	2	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	1,00	25,00	98,58	1,00	20,00	97,02
		Cebolla	90,00	17,00	1,00	131,74			126,12		
		Estiércol Bovino	62,12	15,88	1,00	-32,74			-27,12		
			Peso Total			100,00			100,00		
	3	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	1,00	25,00	7,47	5,00	20,00	78,88
		Cebolla	90,00	17,00	1,00	-720,85			10,89		
		Residuos de Alimentos	80,00	21,53	1,00	819,85			84,11		
			Peso Total			100,00			100,00		
	4	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	20,00	25,00	74,02	25,00	20,00	73,61
		Cebolla	90,00	17,00	1,00	28,57			46,55		
		Residuos de Fruta	80,00	42,20	1,00	51,43			28,45		
			Peso Total			100,00			100,00		
	5	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	15,00	25,00	74,60	30,00	20,00	68,59
		Cebolla	90,00	17,00	1,00	42,60			39,96		
		Estiércol Equino	72,85	38,00	1,00	42,40			30,04		
			Peso Total			100,00			100,00		
	6	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	1,00	25,00	108,47	1,00	20,00	9,67
Cebolla		90,00	17,00	1,00	126,16			-14,98			
Estiércol Ovino		20,00	20,00	1,00	-27,16			113,98			
		Peso Total			100,00			100,00			
7	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	0,50	25,00	95,90	1,00	20,00	93,47	
	Cebolla	90,00	17,00	1,00	107,72			104,34			
	Estiércol Porcino	15,00	12,12	1,00	-8,22			-5,34			
		Peso Total			100,00			100,00			
9	Gallinaza	35,80	13,00	1,00	0,50	25,00	77,66	17,00	20,00	72,28	
	Cebolla	90,00	17,00	1,00	3,32			15,25			
	Residuos de Papa	77,45	25,30	1,00	96,18			67,75			
		Peso Total			100,00			100,00			

Nota: Los datos fueron obtenidos de la revisión de 37 artículos de investigación obtenidos de la base de datos Scienedirect y 7 libros relacionados con el tema. Las fórmulas aplicadas son las propuestas por Trautmann, N & Krasny, M. (1997).

ANEXO D. Análisis estadístico para cada uno de los sustratos

1. Parámetros estudiados en la gallinaza

Relación C/N

N	C/N		Valor	Ancho
1	4,8	MIN	4,8	4,8
2	5	Q1	9	4,2
3	6	Q2= MEDIANA	14,5	5,5
4	7	Q3	17,8	3,3
5	8	MAX	28,2	10,4
6	9	Varianza	49,18490476	
7	10	Desv. Estándar	7,01	
8	12	Coef. De Variación	48%	
9	13			
10	14			
11	14,5			
12	14,9			
13	15			
14	17			
15	17,2			
16	17,8			
17	18			
18	23			
19	24			
20	28			
21	28,2			

Humedad

N	Humedad		Valor	Ancho
1	6,5	MIN	6,5	6,5
2	10	Q1	25	18,5
3	14	Q2= MEDIANA	41	16
4	15	Q3	55	14
5	24	MAX	72,5	17,5
6	25	Varianza	382,632143	
7	26	Desv. Estándar	19,56	
8	33	Coef. De Variación	48%	
9	35			
10	37			
11	41			
12	42			
13	44			
14	45			
15	54			
16	55			
17	56			
18	62			
19	63			
20	68			
21	72,5			

Ph

N	pH		Valor	Ancho
1	5,3	MIN	5,3	5,3
2	5,5	Q1	6,4	1,1
3	5,9	Q2= MEDIANA	7,8	1,4
4	6	Q3	8,9	1,1
5	6,2	MAX	9,5	0,6
6	6,4	Varianza	1,86590476	
7	6,8	Desv. Estándar	1,37	
8	7	Coef. De Variación	18%	
9	7,1			
10	7,5			
11	7,8			
12	8			
13	8,2			
14	8,4			
15	8,6			
16	8,9			
17	9			
18	9,1			
19	9,2			
20	9,4			
21	9,5			

Nitrógeno Total

N	NT		Valor	Ancho
1	0,56	MIN	0,56	0,56
2	1	Q1	3	2,44
3	1,3	Q2= MEDIANA	7	4
4	1,82	Q3	9,7	2,7
5	2	MAX	13,5	3,8
6	3	Varianza	15,970459	
7	3,45	Desv. Estándar	4,00	
8	5	Coef. De Variación	57%	
9	5,78			
10	6			
11	7			
12	7,2			
13	8			
14	8,2			
15	9			
16	9,7			
17	10			
18	11			
19	11,6			
20	12			
21	13,5			

Fósforo

N	P		Valor	Ancho
1	0,35	MIN	0,35	0,35
2	1	Q1	3	2,65
3	1,2	Q2= MEDIANA	5,2	2,2
4	2	Q3	8	2,8
5	2,5	MAX	10,5	2,5
6	3	Varianza	10,6149048	
7	3,1	Desv. Estándar	3,26	
8	4	Coef. De Variación	63%	
9	4,7			
10	5			
11	5,2			
12	5,4			
13	5,9			
14	6			
15	7			
16	8			
17	9			
18	10			
19	10,1			
20	10,3			
21	10,5			

Potasio

N	K		Valor	Ancho
1	0,1	MIN	0,1	0,1
2	0,4	Q1	1,4	1,3
3	0,8	Q2= MEDIANA	3,2	1,8
4	1	Q3	5	1,8
5	1,3	MAX	7,9	2,9
6	1,4	Varianza	5,22614286	
7	1,8	Desv. Estándar	2,29	
8	2	Coef. De Variación	71%	
9	2,5			
10	3			
11	3,2			
12	3,8			
13	4			
14	4,15			
15	4,8			
16	5			
17	5,3			
18	6			
19	6,4			
20	7			
21	7,9			

2. Parámetros estudiados en la cebolla junca

Relación C/N

N	C/N		Valor	Ancho
1	2,5	MIN	2,5	2,5
2	3	Q1	5	2,5
3	3,6	Q2= MEDIANA	8	3
4	4	Q3	16	8
5	4,2	MAX	22	6
6	5	Varianza	42,23414286	
7	5,7	Desv. Estándar	6,50	
8	6	Coef. De Variación	81%	
9	6,9			
10	7			
11	8			
12	9			
13	10			
14	13			
15	15			
16	16			
17	17			
18	18			
19	20			
20	21			
21	22			

Humedad

N	Humedad		Valor	Ancho
1	23	MIN	23	23
2	28	Q1	34	11
3	30	Q2= MEDIANA	51	17
4	31	Q3	72	21
5	34	MAX	90	18
6	37	Varianza	500,347619	
7	29	Desv. Estándar	22,37	
8	40	Coef. De Variación	44%	
9	45			
10	46			
11	51			
12	66			
13	67			
14	69			
15	70			
16	72			
17	76			
18	80			
19	85			
20	87			
21	90			

pH

N	pH		Valor	Ancho
1	2,3	MIN	2,3	2,3
2	2,4	Q1	3	0,7
3	2,5	Q2= MEDIANA	4	1
4	2,7	Q3	5,1	1,1
5	2,8	MAX	6,2	1,1
6	3	Varianza	1,59390476	
7	3,2	Desv. Estándar	1,26	
8	3,5	Coef. De Variación	32%	
9	3,6			
10	3,7			
11	4			
12	4,2			
13	4,3			
14	4,7			
15	5			
16	5,1			
17	5,4			
18	5,6			
19	5,7			
20	6			
21	6,2			

Nitrógeno Total

N	NT		Valor	Ancho
1	0,56	MIN	0,56	0,56
2	1	Q1	4,45	3,89
3	1,3	Q2= MEDIANA	7	2,55
4	2	Q3	10	3
5	4	MAX	17,5	7,5
6	4,45	Varianza	24,3500914	
7	5	Desv. Estándar	4,93	
8	5,4	Coef. De Variación	70%	
9	5,78			
10	6			
11	7			
12	7,2			
13	8			
14	8,2			
15	9			
16	10			
17	11,4			
18	13			
19	15			
20	16,4			
21	17,5			

Fósforo

N	P		Valor	Ancho
1	0,2	MIN	0,2	0,2
2	1	Q1	3,6	3,4
3	1,4	Q2= MEDIANA	6	2,4
4	2	Q3	10	4
5	3,2	MAX	13,5	3,5
6	3,6	Varianza	15,954619	
7	4	Desv. Estándar	3,99	
8	4,2	Coef. De Variación	67%	
9	5			
10	5,4			
11	6			
12	6,8			
13	7			
14	8			
15	9,5			
16	10			
17	10,3			
18	11			
19	11,6			
20	12,4			
21	13,5			

Potasio

N	K		Valor	Ancho
1	0,3	MIN	0,3	0,3
2	0,5	Q1	1,7	1,4
3	0,9	Q2= MEDIANA	4,2	2,5
4	1	Q3	6	1,8
5	1,4	MAX	8,5	2,5
6	1,7	Varianza	6,95553571	
7	2,1	Desv. Estándar	2,64	
8	2,5	Coef. De Variación	63%	
9	3,05			
10	3,6			
11	4,2			
12	4,7			
13	5,15			
14	5,4			
15	5,7			
16	6			
17	6,3			
18	7			
19	7,7			
20	8,1			
21	8,5			

ANEXO E. Diagrama de caja y bigotes de los parámetros estudiados para cada uno de los sustratos

