

**EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PODA Y DE
ALIMENTOS CRUDOS Y PROCESADOS GENERADOS EN EL CAMPUS
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**WALTER FERNANDO CRUZ SÁNCHEZ
EDGAR MAURICIO GARCÍA CÁRDENAS**

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

2016

**EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PODA Y DE
ALIMENTOS CRUDOS Y PROCESADOS GENERADOS EN EL CAMPUS
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**WALTER FERNANDO CRUZ SÁNCHEZ
EDGAR MAURICIO GARCÍA CÁRDENAS**

**Trabajo de Grado modalidad investigación 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**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. JUSTIFICACIÓN.....	18
2. MARCO CONCEPTUAL.....	20
2.1 COMPOSTAJE.....	20
2.2 PARAMETROS DEL PROCESO.....	20
2.2.1 Contenido de humedad.....	20
2.2.2 Temperatura.....	20
2.2.3 pH.....	21
2.2.4 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....	21
2.3 ETAPAS DEL COMPOSTAJE.....	22
2.3.1 Descomposición Mesófila.....	22
2.3.2 Descomposición Termófila.....	22
2.3.3 Descomposición Mesófila de Enfriamiento.....	22
2.3.4 Maduración.....	22
3. ESTADO DEL ARTE.....	23
4. OBJETIVOS.....	26
4.1 GENERAL.....	26
4.2 ESPECÍFICOS.....	26
5. METODOLOGÍA.....	27

5.1 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE A ESCALA PILOTO.....	27
5.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO	32
5.2.1 Prueba de germinación	32
5.3 IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN A ESCALA REAL	34
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
6.1 CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS	35
6.1.1 pH.....	36
6.1.2 Humedad	36
6.1.3 Relación Carbono-Nitrógeno.....	37
6.2. DESARROLLO DEL PROCESO.....	38
6.2.1 Humedad	38
6.2.2 Temperatura	39
6.2.3. pH.....	40
6.2.4. Aireación.....	42
6.2.5. Pérdidas de peso	42
6.3.1. pH.....	43
6.3.2. Reducción de volumen	43
6.3.3 Humedad	43
6.3.4. Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)	44
6.3.5. Cenizas.....	44
6.3.6. Potasio y Fósforo	44
6.3.7. Conductividad	45

6.4. ENSAYO DE GERMINACIÓN	45
6.5. PROPUESTA DE LAS CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL COMPOSTAJE A ESCALA REAL EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO.....	46
6.5.1. Mezcla de composta elegida.....	46
6.5.2. Limitaciones y recomendaciones para futuros estudios evidenciadas en el proceso.....	46
6.5.3. Requerimientos de infraestructura	47
6.5.4. Tamaño de las pilas de compostaje.....	48
6.5.5. Transporte	48
6.5.6. Método de aireación de las pilas.....	49
6.5.7. Tiempo para el proceso de compostaje	49
6.5.8. Recurso hídrico y humectación durante el proceso.....	49
6.5.9. Mano de obra y seguimiento del proceso.....	50
6.5.10. Instrumentos para la puesta en marcha y seguimiento del proceso	50
7. CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Convención de puntos para la toma de temperatura y extracción de material para pruebas de pH y humedad.	31

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Proporción de residuos de alimentos crudos, provenientes de la sección de comedores.	28
Gráfica 2. Comportamiento de la temperatura de los tratamientos A1 Y B1 en el proceso.	40
Gráfica 3. Comportamiento de la temperatura de los tratamientos A2 Y B2 en el proceso.	40
Gráfica 4. pH de tratamientos A1 y A2 durante el proceso.	41
Gráfica 5. pH de tratamientos B1 y B2 durante el proceso.	41

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Recolección de residuos procesados.	29
Fotografía 2. Tratamiento A1, pila en forma cónica.	30
Fotografía 3. Instrumentos utilizados para la toma y registro de datos de pH y humedad.	31
Fotografía 4. Cajas Petri con su respectivo tratamiento y testigo.	33

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros físico-químicos analizados en el laboratorio.	32
Tabla 2. Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio en base seca.	36
Tabla 3. Proporción de pérdidas de peso de los tratamientos divididos en escoria y tamizado.	42
Tabla 4. Resultados del análisis físico-químico del producto	43
Tabla 5. Elementos necesarios para la puesta en marcha y seguimiento del proceso.	50

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis físico-químico inicial	61
Anexo B. Análisis físico-químico final	64

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PODA Y DE ALIMENTOS CRUDOS Y PROCESADOS GENERADOS EN EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

AUTORES: EDGAR MAURICIO GARCÍA CÁRDENAS
WALTER FERNANDO CRUZ SÁNCHEZ**

Palabras clave: Compostaje, sustratos, nutrientes, degradación aerobia, reutilización.

Actualmente la problemática ambiental gira en torno a la cantidad de residuos sólidos generados por el ser humano, los cuales aumentan proporcionalmente con el aumento de la población. Los residuos provenientes de la poda y jardín de las áreas verdes y los de preparación y restos de alimentos constituyen desechos de alta producción en las universidades y de difícil manejo. Con el propósito de contribuir a su tratamiento y valorización, se realizó un estudio a escala piloto del compostaje de residuos de alimentos procesados y sin procesar, mezclados con residuos de poda y residuos de césped. Para ello se tomaron en cuenta dos tipos de tratamientos: un tratamiento conformado por 40% de alimentos sin procesar y 60% de residuos de poda denominado A y tratamientos conformados por 50% residuos de poda, 30% de residuos de alimentos sin procesar y 20% de residuos de alimentos procesados, denominado tratamiento B, cada uno con su respectiva réplica. Se monitorearon variables clave del proceso y se estimaron las condiciones necesarias para una posterior implementación a escala real, áreas requeridas para cuartos de almacenamiento, compostaje y acopio de material procesado. Se evidenció que el compostaje de residuos de comida procesados y no procesados ayuda a mejorar características físico-químicas como la humedad, la relación Carbono-Nitrógeno, el aumento de temperatura al inicio y desarrollo del proceso, generando con esto un mejor producto final con altos índices de germinación, con un pH muy cercano a valores neutros y mejor calidad agronómica.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ingeniero Sanitario, .MSc, PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF COMPOSTING OF PRUNING WASTE AND CRUDE FOOD AND PROCESSED GENERATED IN THE CENTRAL CAMPUS OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER

AUTORES: EDGAR MAURICIO GARCÍA CÁRDENAS
WALTER FERNANDO CRUZ SÁNCHEZ**

Keywords: Composting, substrata, nutrients, aerobic degradation, reuse.

Currently the environmental problem revolves around the amount of solid waste generated by humans , which increases proportionally with the increase in population. Waste from pruning and garden green areas and preparation and food scraps are high-level waste production at universities and difficult to manage. In order to contribute to their treatment and recovery ,was performed a study pilot composting food waste processed and unprocessed mixed with garden waste and residues from the lawn. For this, two types of treatments were considered: a treatment consisting of 40 % of raw food and 60 % of prunings called A and treatments made up 50 % of prunings, 30 % of raw food waste and 20 % of food waste processed, called treatment B, each with their respective replica. Were monitored key process variables and conditions for subsequent implementation were estimated full-scale, areas required for storage rooms , composting and collection of material processed. It evidenced that composting food waste without processed and processed helps improve physico- chemical characteristics such as humidity , the relationship Carbon-Nitrogen , the temperature rise at the beginning and development of the process, generating with this a better end product with high germination rates , with a pH close to neutral values and better agronomic quality.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ingeniero Sanitario, .MSc, PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

INTRODUCCIÓN

La fuerte incidencia del crecimiento poblacional sobre las grandes emisiones de Gases de Efecto Invernadero genera una gran preocupación para la población mundial. **El fondo de población de las Naciones Unidas** estima que la población del planeta incrementará de 6.797 millones a un estimado que puede oscilar entre los 8.000 y los 10.400 millones de habitantes para el año 2025. De la mano a este desenfrenado crecimiento vienen los problemas ambientales, y con ellos una influencia negativa en la calidad de vida. En los últimos años ha surgido una preocupación por el aumento en la generación de residuos sólidos, lo que ha llevado a la implementación de diferentes acciones para permitir un control racional de los impactos producidos por dichos residuos sin que se ponga en riesgo la preservación del medio ambiente. Entre las acciones se encuentra la variación y el aprovechamiento de los residuos, que minimicen la disposición de estos residuos en rellenos sanitarios y los impactos sanitarios y ambientales asociados.

La academia como primordial ente de formación, tiene el deber de crear estrategias de optimización para el máximo aprovechamiento de los residuos que permitan disminuir el impacto ambiental y a su vez reducir costos de disposición final. En el 2007, la Universidad Industrial de Santander incluyó en el plan de gestión de residuos, un programa para la separación de residuos sólidos, con el propósito de sensibilizar al estudiantado para generar proyectos de investigación que permitieran la recuperación de los materiales reciclables generados en el campus principal. **(Comité técnico ambiental y sanitario UIS, 2007)**

Posteriormente, en el 2010 desarrolló un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR), con el objetivo de disminuir la cantidad de residuos sólidos recolectados

por el servicio de aseo y dispuestos en el vertedero de la ciudad (El Carrasco); este plan incluía la recuperación y reutilización de los restos generados en el campus (Hernández-Gaitán, 2014). De acuerdo con el **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PREDICCIÓN Y MODELAMIENTO HIDROCLIMÁTICO – GPH** (2013), en la UIS se generaban cantidades significativas de alimentos procesados, no procesados y residuos de poda y jardín, lo cual ha “planteado la necesidad de implantar la reutilización y el reciclado de residuos entre las estrategias clave para alcanzar los objetivos primordiales y requisitos fundamentales de un desarrollo sostenible”.

La transformación de dichos residuos por medio de técnicas como el compostaje generaría material para ser empleado en las labores de jardinería y mejoramiento de suelos dentro del campus, logrando además reducir la cantidad de desechos destinados al sitio de disposición final. Para llevar a cabo es necesario analizar las características físico-químicas de los sustratos a compostar y determinar las condiciones del proceso para los sustratos generados.

El propósito de este estudio es evaluar el proceso y la calidad del producto del compostaje de al menos dos mezclas de residuos orgánicos de rápida degradación (residuos de alimentos procesados, residuos de alimentos no procesados y material de poda y jardín) generados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander y analizar los requerimientos y viabilidad para la implementación de este proceso en la Universidad. Este estudio se desarrolló en el marco del proyecto de investigación: “Evaluación de opciones para la implementación del compostaje de residuos sólidos orgánicos de rápida degradación en el campus de la Universidad Industrial, sede principal” desarrollado por el grupo de investigación “Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental” de la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS.

1. JUSTIFICACIÓN

La Universidad Industrial de Santander campus central cuenta con un área de 337.000 m², las cuales originan diariamente 3 m³ de material de poda de áreas verdes y 5 m³ quincenalmente de residuos de la poda de árboles. Además, el servicio de comedores genera aproximadamente 150 Kg semanales de alimentos no procesados y las sobras de alimentos procesados de cerca de 2600 estudiantes beneficiados **(Hernández & Gaitán, 2014)**. Implementar un programa de manejo de desechos sólidos adecuado contribuirá a aminorar costos de servicio de aseo y transporte de desechos de poda. De otro lado, la valoración de los residuos de poda y de alimentos (procesados y no procesados) por medio de la producción de compost permitirá utilizar el producto para mejorar la estructura del suelo en las áreas verdes del campus universitario ayudando a reducir el uso de abonos químicos.

En 2015 en la Universidad Industrial de Santander se desarrolló un estudio a escala piloto en el cual se analizó el comportamiento del compostaje de residuos de poda y residuos de alimentos no procesados obtenidos de la sección de comedores, donde se evidenció los beneficios de mezclar dichos sustratos para mejorar las características físico-químicas al inicio del proceso y la contribución de mejores temperaturas en la etapa termófila **(Forero & Pachón, 2015)**.

Dado que los residuos orgánicos generados en el campus universitario presentan características que difieren unos de otros, se requiere realizar una mezcla con diferentes fracciones de residuos para balancear la humedad ayudar a estabilizar el pH de la mezcla y controlar la relación Carbono-Nitrógeno, entre otros aspectos **(Hernández & Gaitán, 2014)**.

Al no implementar un programa de manejo de desechos sólidos adecuado y omitir los beneficios que generaría una correcta utilización de los residuos, se estará desvirtuando la importancia de la creación de estrategias que permitan optimizar y aprovechar al máximo los nutrientes de los desechos sólidos, además de ello, conduce de manera directa al aumento de impactos ambientales y económicos y se va en contravía de lo planteado en el PGIRS formulado en la Universidad.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 COMPOSTAJE

El compostaje es la degradación aeróbica (en presencia de oxígeno) de materia orgánica por la acción de microorganismos en condiciones “controladas” de aireación, humedad y temperatura. Estos microorganismos transforman los residuos degradables en un producto “estable” e higienizado, aplicable al suelo como abono o sustrato (Yu et al., 2008).

2.2 PARAMETROS DEL PROCESO

2.2.1 Contenido de humedad Es un factor limitante del proceso de compostaje. Si la humedad desciende por debajo del 40%, la actividad microbiana es más lenta, mientras que si excede el 65% se dificulta la circulación de aire a través de la masa (Sampedro et al., 1996) Se recomienda mezclar materiales secos con materiales húmedos para controlar la humedad excesiva y la presencia de lixiviados en el proceso de compostaje. Los valores recomendados para el rango de humedad se encuentran entre 40% y 60%. (Goldstein et al., 2005). Finstein (1985) sitúa el contenido recomendado de humedad en torno al 55% - 65% y consideran valores por debajo del 40% como condiciones de estrés hídrico.

2.2.2 Temperatura En el proceso de compostaje es una de las variables de mayor importancia, influye desde la mineralización y crecimiento de las poblaciones microbianas y ellas a su vez de las reacciones exotérmicas de descomposición de las cadenas de compuestos orgánicos. La combinación de los factores de temperatura, humedad, aireación y relación Carbono- Nitrógeno (C/N) definen la

eficiencia de los procesos biooxidativos de la materia orgánica biodegradable. Existe controversia entre diferentes autores sobre cuál es la mejor temperatura para que se desarrolle un compostaje óptimo. Los rangos más comunes oscilan entre los 50 y 60°C, aunque algunos autores indican que la máxima producción de CO₂ se da entre los 60 y 65°C, lo que daría la máxima velocidad de compostaje **(Epstein, 1997)**.

2.2.3 pH Es un buen indicador de la forma de cómo ha evolucionado el proceso de descomposición, en el compostaje, el pH normalmente baja ligeramente durante las primeras etapas del proceso (es decir, a 5,0) debido a la formación de CO₂ y ácidos orgánicos. Los ácidos sirven como sustratos para futuras poblaciones microbianas. Posteriormente, el pH empieza a subir, y puede llegar a niveles tan altos entre 8 y 9 como consecuencia de la liberación de CO₂, la aireación de la biomasa y la producción de amoníaco de la degradación de las proteínas (Díaz, 2010). Valores de pH ácidos indican ausencia de madurez debido generalmente a un tiempo de compostaje demasiado corto o a la ocurrencia de procesos anaeróbicos en la masa. El proceso de compostaje se realiza dentro de un rango amplio de valores de pH. Los valores recomendados para la mezcla de partida son entre 5,5 y 8,0, teniendo en cuenta que las bacterias prefieren un pH cercano al neutro, mientras que los hongos prefieren condiciones acidas **(Goldstein et al., 2005)**.

2.2.4 Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) En el proceso de compostaje la relación C/N es un componente crítico, se debe tener en cuenta que la relación recomendada oscila entre 25 y 30:1 aproximadamente y decrece a 15:1 en el compost final (La relación C/N disminuye 2/3 con el tiempo porque parte del carbono se pierde como CO₂ durante el proceso de compostaje) **(Sepúlveda & Alvarado, 2013)**

2.3 ETAPAS DEL COMPOSTAJE

2.3.1 Descomposición Mesófila. Al inicio del proceso, los residuos preparados están a temperatura ambiente (menor de 40°C), por lo cual, los microorganismos llamados mesófilos se multiplican rápidamente, hay alta actividad metabólica (transformación de algunos compuestos como azúcares y aminoácidos), la temperatura comienza a subir y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH **(Sepúlveda & Alvarado, 2013)**

2.3.2 Descomposición Termófila. En esta fase, la temperatura es superior a 40° y sube hasta 60°-65°C. Microorganismos, llamados termófilos, transforman el Nitrógeno (N), en Amoníaco (NH₃), por lo cual el pH se hace alcalino. A los 60°-65°C, estos hongos termófilos desaparecen y dan paso a las bacterias esporígenas y actinomicetos, que tienen capacidad para descomponer sustancias orgánicas como las ceras, las proteínas y hemicelulosas **(Sepúlveda & Alvarado, 2013)**

2.3.3 Descomposición Mesófila de Enfriamiento. La temperatura comienza a descender por debajo de 60°C, y reaparecen los hongos termófilos que recolonizan la parte superior del residuo (mantillo) y lograr descomponer compuestos, como la celulosa. Al bajar de 40°C, los mesófilos también reinician su actividad y el pH del residuo, desciende ligeramente **(Sepúlveda & Alvarado, 2013)**

2.3.4 Maduración. Requiere de 1 a 2 meses en promedio y se realiza exponiendo el compost a temperatura ambiente y protegido de la lluvia. Durante este período, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus; desciende el consumo de oxígeno y la fitotoxicidad del compost debe estar controlada **(Sepúlveda & Alvarado, 2013).**

3. ESTADO DEL ARTE

En los últimos años ha surgido una preocupación por el aumento en la generación de residuos sólidos, lo que ha llevado a la implementación de diferentes acciones para permitir un control racional de los impactos producidos por dichos residuos sin que se ponga en riesgo la preservación del medio ambiente; teniendo como objetivo el máximo aprovechamiento de los residuos, dado que, la disposición de estos residuos en rellenos sanitarios da como consecuencia la pérdida de nutrientes y contaminación ambiental.

Entre las soluciones se ha dado desarrollo a procesos de compostaje de residuos de alimentos procesados, no procesados y restos de poda y césped como se llevó a cabo en **La Universidad de Buenos Aires**, quienes desarrollaron el proceso mediante la implementación de cuatro (4) pilas integradas por desechos de poda, cada una siendo una réplica del material de la anterior pero con tiempos de maduración diferentes, siendo la poda contenida en T1 la de menor maduración y T4 la de mayor y cuya finalidad del estudio era determinar el efecto que causa el material orgánico incorporado sobre la nutrición nitrogenada en las plantas. Finalmente concluyeron que el empleo del material T3 se consideró la mejor opción ya que el tiempo de maduración es óptimo y brinda beneficios económicos y medioambientales (**Arrigo et al., 2005**).

De igual manera, **La Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE)**, realizó un estudio titulado “propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda”, donde su principal objetivo fue la identificación de condiciones óptimas para una posterior implementación, estudiando en los sustratos el tamaño de las partículas, densidad aparente, y capacidad de retención de agua. Se encontró que las partículas entre los 2 y 0.3

mm ocuparon cerca del 60% del total del sustrato lo cual calificaron como ineficiente para uso en labores de jardín en las que sea necesario un buen drenado, ya que su capacidad de drenado es insuficiente. Otro 20% pertenece a material fino el cual no es favorable para el uso ni manipulación en su empleo **(Pierini et al., 2010)**.

Por otro lado, **la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)** realizó un estudio de manejo de residuos sólidos orgánicos generados en sus comedores, desarrollado mediante el proceso de compostaje, utilizando un sistema de pilas estáticas con aireación inducida, con un tiempo de maduración de siete (7) semanas, con el cual se han procesado 13427 Kg de desechos orgánicos y obtuvieron 5249 Kg de compost maduro, y 4769 Kg de material en proceso al momento de la publicación del documento. Se observó un producto caracterizado por ser rico en ácidos húmicos y púlvicos, en potasio y con grandes cantidades de colonias de bacterias ácido-lácticas, levaduras y hongos actinomicetos.

Otro ejemplo se desarrolló por parte de **la Universidad de Alcalá**, donde se utilizaron para el estudio residuos orgánicos generados en las cocinas y comedores del campus externo, restos de poda de las zonas verdes para la elaboración de un compost que posteriormente pudiera ser utilizado por el Jardín Botánico como abono o sustrato para las siembras y plantaciones, Aunque el producto obtenido no fue de la calidad esperada, la implementación de esta estrategia permitió una alta reducción en la cantidad de residuos producidos en el campus.

En 2015 **Forero & Pachón** analizaron el comportamiento a escala piloto de residuos de poda y residuos de alimentos sin procesar en la Universidad Industrial de Santander; proceso en el cual se evaluó el comportamiento de dos tratamientos compuestos por residuos de poda y dos tratamientos compuestos por el 60% de

residuos de poda y 40% de residuos de alimentos no procesados sugeridos por **Hernandez & Gaitán** (2014). Encontraron la mezcla de residuos de alimentos sin procesar y residuos de poda como el sustrato con mejor comportamiento durante el desarrollo del proceso y recomendaron estudiar la implementación de residuos de alimentos procesados en la mezcla. Además del monitoreo del proceso realizaron una propuesta de condiciones óptimas para el desarrollo del proceso y sugirieron parámetros para la implementación a escala real.

Como conclusión se deduce que el manejo de residuos sólidos se ha convertido en un tema de interés global tanto por la necesidad de reducir la contaminación presentada actualmente como por los beneficios que genera su implementación en actividades agrícolas, de igual manera la Universidad Industrial de Santander en la cual se generan grandes cantidades de poda producto de su considerable área de zonas verdes, complementando con los residuos generados en el servicio de comedores ha estado en la búsqueda de planes de recuperación y reutilización de residuos con el objetivo de dar una apropiada y conveniente destinación final.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar el compostaje de al menos dos mezclas de residuos de alimentos procesados, no procesados y de poda generados en la Universidad Industrial de Santander, campus central.

4.2 ESPECÍFICOS

- Proponer al menos dos mezclas de residuos de alimentos procesados, no procesados y de poda, acorde con los requerimientos del proceso de compostaje.
- Evaluar el desarrollo del proceso y la calidad del producto del compostaje, con las dos mezclas propuestas.
- Identificar las condiciones para la implementación del compostaje a escala real, en el campus universitario

5. METODOLOGÍA

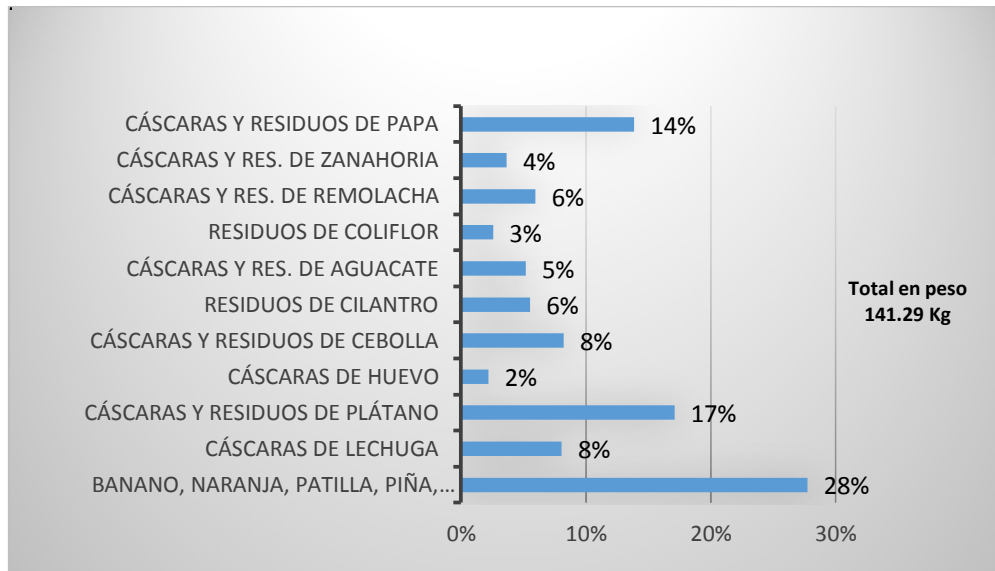
El proyecto se llevó a cabo en dos fases: i) Evaluación del proceso de compostaje a escala piloto, e ii) Identificación y establecimiento de condiciones para la implementación a escala real.

5.1 EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE A ESCALA PILOTO

Para la evaluación del proceso de compostaje se propusieron dos tipos de mezclas las cuales incluían poda, alimentos crudos y alimentos procesados. El tratamiento A es una recomendación realizada por **Hernandez & Gaitán** (2014) y el tratamiento B es producto de la indicación de anexar residuos de alimentos procesados en la mezcla, propuesta por **Forero & Pachón** (2015).

La recopilación de dichos alimentos se realizó con ayuda de Bienestar Universitario y el programa de comedores de la Universidad, y se necesitó de cinco (5) días para la recolección de la cantidad necesaria. Previo a esto fue necesario identificar los tipos de residuos y el realizar el pesaje de cada uno de ellos. Para su montaje se debió triturar con machete hasta obtener un tamaño de partícula aproximado de 7 cm. Los residuos encontrados se muestran en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Proporción de residuos de alimentos crudos, provenientes de la sección de comedores.



Para la recolección de los residuos de poda, se dispuso del material almacenado en el depósito adyacente a la planta de compostaje, procurando que prevaleciera el material fresco por su contenido de nitrógeno y complementando con material depositado anteriormente.

En cuanto a los residuos procesados, de igual manera que con los residuos no procesados se necesitó de la colaboración de Bienestar Universitario y la división de comedores. Estos residuos se recolectaron el mismo día que fue realizado el montaje de la pilas, con el objetivo conservar la frescura además de evitar animales y malos olores (ver fotografía 1)

Fotografía 1. Recolección de residuos procesados.



Finalizada la etapa de recolección, se realizó el montaje de cuatro (4) pilas, pertenecientes a dos tipos de tratamientos con su respectiva réplica. El primer tratamiento, denominado **TRATAMIENTO A1** y su respectiva réplica, **TRATAMIENTO A2**, se desarrollaron bajo la mezcla sugerida por Hernández-Gaitán (2014) y desarrollada por Forero y Pachón (2015), compuesta por 40% en peso de alimentos crudos y 60% de residuos de poda y corte de césped para objeto de comparación.

En el segundo tratamiento, denominado **TRATAMIENTO B1** y su respectiva réplica, **TRATAMIENTO B2**, estuvo compuesta por alimentos crudos, residuos de poda y se incorporó alimentos procesados, con una relación de 50% en peso de residuos de poda y césped, 30% de residuos crudos y 20% de residuos de alimentos procesados. Cada una de las pilas tuvo un peso de 100 Kg, y su montaje se realizó en las camas en las que se realizaba el manejo de residuos de la Universidad.

Posteriormente se realizó un análisis fisicoquímico por parte del LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES de la Universidad Industrial de Santander para determinar las características iniciales de los sustratos. Dichos sustratos se presentan a continuación:

- Residuos corte de césped y hojas de árboles.
- Residuos de alimentos crudos.
- Residuos de alimentos procesados.
- Mezcla de residuos de césped y alimentos crudos. (Forero-Pachón,2015)
- Mezcla de residuos de césped, alimentos crudos y alimentos procesados.

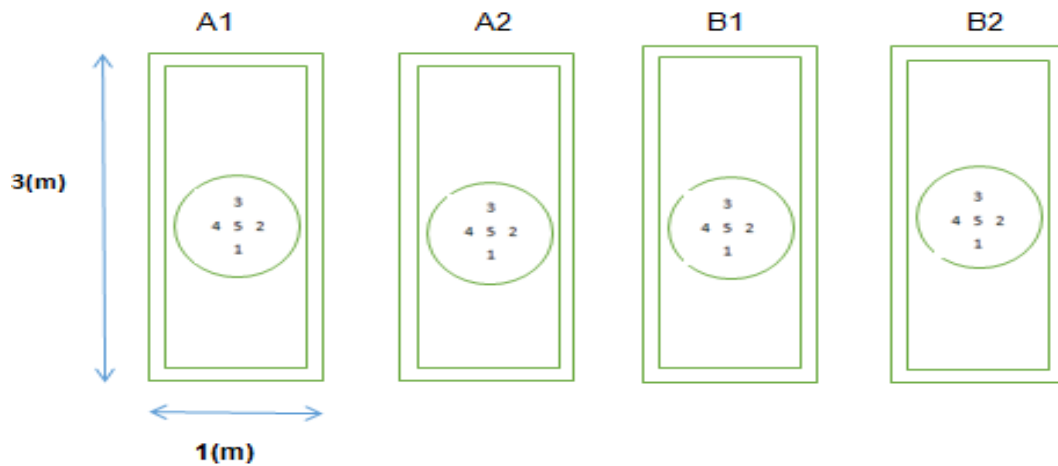
La altura las pilas fue de aproximadamente 1 m, y se procuró mantenerla de forma cónica (ver fotografía 2). Se realizó una frecuencia de volteo conforme con lo requerido por el proceso de compostaje con el objetivo de controlar la humedad y la temperatura en las pilas.

Fotografía 2. Tratamiento A1, pila en forma cónica.



La temperatura de las pilas fue monitoreada diariamente por medio de toma de datos en cinco (5) puntos integrados por los cuatro puntos cardinales y un punto central, los cuales se representan en la imagen (ver Figura 1).

Figura 1. Convención de puntos para la toma de temperatura y extracción de material para pruebas de pH y humedad.



Para el contenido de humedad y el pH se necesitaron trasladar muestras en bolsas herméticas hasta el sitio de toma de datos y se realizaron tres (3) pruebas durante la primera semana y posteriormente la frecuencia de este proceso fue de dos (2) veces por semana. Para ello se necesitó de implementos como el termómetro metálico para compost para la toma de temperatura, medidor de humedad Ohaus MB-35 y un pH metro ionómetro de mesa modelo S220K para la medición de humedad y pH respectivamente.

Fotografía 3. Instrumentos utilizados para la toma y registro de datos de pH y humedad.



5.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Finalizado el proceso de compostaje, se recolectó una muestra de cada tratamiento extraída de puntos al azar y posteriormente homogenizada para realizar un análisis de laboratorio con motivo de determinar las características finales del producto y por ende su calidad. Estas pruebas están entre las requeridas por la norma técnica colombiana NTC 5167. Las pruebas realizadas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos analizados en el laboratorio.

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad %	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable %C	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total %N	Titrimétrico-Kjeldahl/NTC 370
Cenizas %	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio % K ₂ O	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total % P ₂ O ₅	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad ms/Cm	Conductivimétrico/NTC 5167

5.2.1 Prueba de germinación Para conocer si el producto tenía presencia de material fitotóxico se procedió a realizar un ensayo de germinación bajo los parámetros de la norma Chilena de compost NCh 2880. Para esto se necesitó de quince (15) cajas Petri, asignando tres (3) para cada tratamiento y tres (3) utilizadas como testigo, las cuales sustituían el material en su interior por agua destilada.

Fotografía 4. Cajas Petri con su respectivo tratamiento y testigo.



Según la norma Chilena de compost NCh 2880, establece que un compost se califica como maduro si en él se encuentra un porcentaje de germinación mayor o igual al 80%, y sugiere al rabanito como la especie adecuada para realizar este bioensayo. Las ecuaciones para calcular el índice de germinación se muestran a continuación:

Germinación relativa (GR)

$$GR = \frac{\text{Nº de semillas germinadas en extracto}}{\text{Nº de semillas germinadas en testigo}} * 100$$

Largo de radícula relativo (ER)

$$ER = \frac{\text{Largo promedio de radículas en extracto}}{\text{Largo promedio de radículas en testigo}} * 100$$

Índice de germinación (IG)

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

5.3 IDENTIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN A ESCALA REAL

Según el estudio realizado por **Hernández & Gaitán** (2014), se calcula que quincenalmente las zonas verdes de la Universidad Industrial de Santander producen alrededor de 15 m³ de residuos de poda y césped. De igual manera en este estudio se pudo observar como el servicio de comedores genera un aproximado de 300 Kg de residuos crudos de comida y cerca 400 Kg diarios de residuos de alimentos procesados. Con base en esta información se desarrolló una propuesta de implementación en el campus central sujeto a áreas de trabajo, infraestructura, personal de trabajo, volúmenes de agua, tiempo de duración del proceso, frecuencia de volteo, entre otras características que se definirán a partir de la información recolectada por el experimento a escala piloto y recomendaciones basadas en la revisión de literatura.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS

Los tratamientos A1 y A2, estuvieron compuestos por cáscaras de residuos de cocina en los que se encontraron frutas como banano, naranja, patilla, piña, manzana, cáscaras de lechuga, plátano, huevo, cebolla, residuos de cilantro, aguacate, coliflor, remolacha, zanahoria y papa. Estos materiales contienen un alto contenido de humedad y son perfectos para mezclar con los residuos de corte de césped y hojas de árboles. De igual manera sucede con los tratamientos B1 y B2 en los cuales se disminuye un porcentaje de los sustratos compuestos por residuos de alimentos y poda, para dar paso a los sustratos conformados por residuos de alimentos procesados con el fin de favorecer la descomposición de la materia.

En la Tabla 2 se presenta las características físico-químicas de los cinco sustratos trabajados. (Ver también anexo 1)

Tabla 2. Resultados de los parámetros analizados en el laboratorio en base seca.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS INICIAL									
Tipo de ensayo	pH	Humedad (%)	Carbono total oxidable (%C)	Nitrogeno total (%N)	Cenizas (%)	Potasio (% K ₂ O)	Fosforo total (%P ₂ O ₅)	Conductividad (μS/cm)	Relacion C/N
Residuos de corte de césped y hojas de arboles	5.27	10.47	19.13	2.13	16.87	0.65	0.236	2276	8.981
Residuos de alimentos crudos	5.84	86.17	12.87	1.98	52.59	4.2	0.33	7150	6.500
Residuos de alimentos procesados	4.56	71.97	15.87	3.00	3.43	1.22	0.22	11805	5.290
Muestra de residuos de césped y alimentos crudos	5.36	78.64	19.16	2.02	10.28	1.83	0.18	3060	9.485
Muestra de residuos de césped, alimentos crudos y alimentos procesados	5.29	66.3	16.71	2.03	16.78	2.76	0.35	3640	8.232

6.1.1 pH Los sustratos con presencia de alimentos crudos o procesados, presentaron valores de pH en el rango ácido.

Esto está asociado a la presencia de restos de alimentos con características ácidas así como avances en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Para el caso de la muestra 1 en la cual se examinaron residuos de poda y césped, se obtuvieron valores de pH ácidos, consecuencia de cambios del grado de acidez producto de la estada en el lugar de almacenamiento. Al principio del proceso es normal que se presenten valores de pH bajos debido a la formación de CO₂ y al alto contenido de ácidos orgánicos liberados en el proceso de degradación lo cual conduce a un descenso rápido de este valor. **(Goldstein et al., 2005)**.

6.1.2 Humedad La humedad recomendada por **Strom (1985)** es un valor fluctuante entre el 55% al 65%, para su control se realiza la mezcla de materiales secos con materiales húmedos de tal manera que se equilibre la humedad excesiva y la presencia lixiviados que aparecen en el inicio del proceso. Acorde con la Tabla 1, la muestra 1 obtuvo un valor de 10.47%, resultados inferiores a los

presentados por **Forero & Pachón** (2015) y **Hernandez & Gaitán** (2014) con valores de 25,44% y 28,25% respectivamente. Este bajo contenido de humedad pudo ser producto de la exposición del material a las altas temperaturas presentadas en la ciudad de Bucaramanga durante el periodo de estudio, que oscilaron entre 20.4 y 32.8°C. **(Grupo GPH, UIS)**

Para la muestra 2 cuya composición está dada por alimentos crudos se esperaba una humedad con un rango que comprende del 75% al 90% **(Engineering and Composting, 1999)**, y se obtuvo un valor del 86.17%. Un estudio presentado por la Universidad de Zaragoza propone que la humedad para los alimentos procesados puede variar entre el 70% al 90% según el alimento o la mezcla de alimentos que se procese; para este caso, la muestra 3 arrojó un contenido de humedad del 71.97%. Estas humedades están sujetas al alto contenido de agua presente en productos alimenticios. La mezcla de residuos de poda y alimentos no procesados pertenecientes a la muestra 4, arrojó una humedad de 78.64%, una humedad cercana a la arrojada por la misma mezcla de residuos de **Forero & Pachón** (2015) la cual obtuvo una humedad de 74,33%. Por último la muestra 5, mezcla de residuos de poda con alimentos procesados y no procesados presentó una humedad de 66.3%. Estos resultados se encuentran por encima del límite recomendado y fue necesaria la realización de volteos para su equilibrio.

6.1.3 Relación Carbono-Nitrógeno La relación Carbono-Nitrógeno se establece como una de las propiedades más importantes, ya que el Carbono como el Nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo. Esta relación indica la fracción necesaria de Carbono que se descompone por una molécula de Nitrógeno, en el cual es conveniente, según Huang (2004) tener un rango entre 25 y 30 a 1.

Un artículo publicado por CALIFORNIA ORGANIC FERTILIZERS INC estipula los niveles de nitrógeno promedio encontrados en ciertos sustratos como la comida

procesada y el césped cortado donde los niveles de nitrógeno son de 2.5 y 3.4 respectivamente, los cuales respaldan los resultados obtenidos en estos dos sustratos pertenecientes a las muestra 1 y 3.

La muestra 2 compuesta por residuos de alimentos no procesados obtuvo una relación C/N de 6.5, frente al 21.29 encontrado por **Hernandez & Gaitán** en el 2015 (conformado por una muestra también de residuos no procesados) y el 24.83 obtenido en el examen físico-químico realizado para la muestra de igual característica de **Forero & Pachón**. Esta variación puede estar marcada por la variación en el menú del servicio de comedores el cual no se encuentra definido. De igual manera las muestras 4 y 5 compuesta por la mezcla de residuos presentaron una relación baja de C/N. Según **Baker** (s.f) esto puede deberse a un exceso de nitrógeno el cual causará que este se escape a la atmosfera en forma de amoniaco, con lo cual también ocasionará presencia de gusano, insectos y olores desagradables. Esta baja relación también puede deberse a una carencia de Carbono presente en los sustratos.

6.2. DESARROLLO DEL PROCESO

6.2.1 Humedad La presencia predominante de material de poda con bajas humedades condicionó una humectación inicial de 44 litros para cada uno de los tratamientos, corrigiendo de esta manera la carencia de esta condición en los tratamientos.

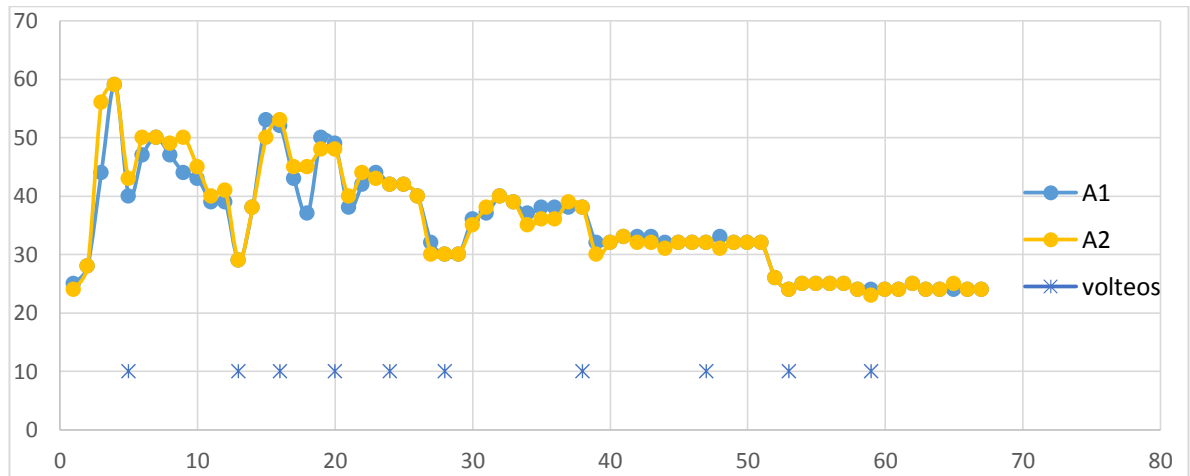
Durante el desarrollo del proceso fue necesario realizar volteos para controlar la humedad presente en las pilas, dichos volteos se concentraron en su mayoría en la etapa termófila y en la fase de enfriamiento, procurando mantener la humedad por encima del 30% para prevenir que la actividad biológica decrezca y por debajo del 70% para evitar que el agua desplace al aire en los espacios existentes entre

partículas y esto reduzca la cantidad de oxígeno, produciendo una disminución en la velocidad del proceso y originando malos olores. En el transcurso del proceso los tratamientos A1 y A2 requirieron de una humectación de 120 litros diferidos en 3 jornadas, el tratamiento B2 necesito una humectación de 104 litros y el tratamiento B1 se humecto en 4 ocasiones con un total de 128 litros.

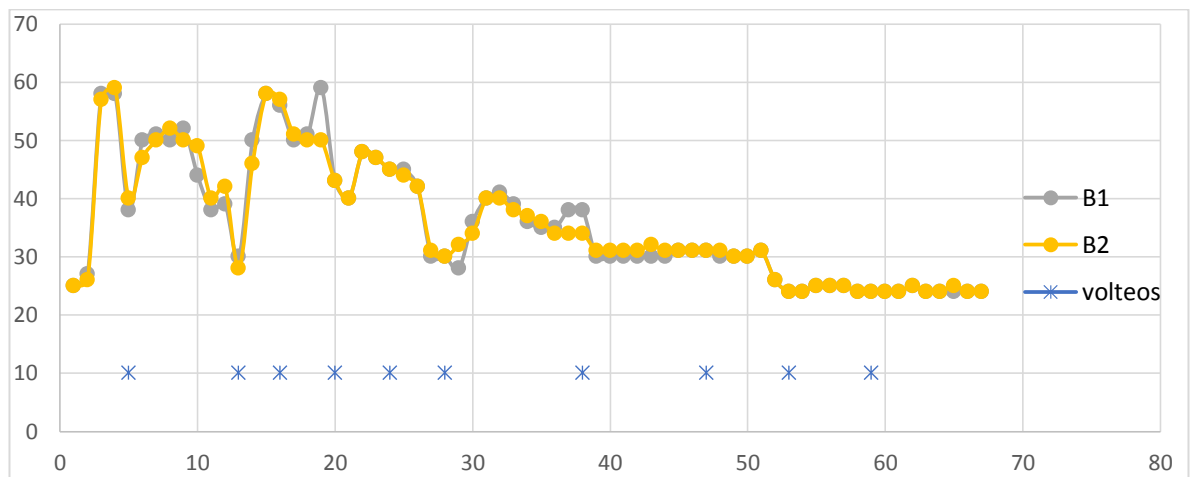
6.2.2 Temperatura Las temperaturas de los productos se encuentran referenciadas en las gráficas 1 y 2 para los tratamientos A1-A2 y B1-B2 respectivamente. Al momento del montaje los componentes se encuentran a temperatura ambiente, la cual es producto de la degradación de la materia y la actividad metabólica eleva gradualmente la temperatura característica de la etapa mesófila (**Sepúlveda & Alvarado, 2013**). En el tercer día de inspección se empezó a evidenciar la etapa termófila, la cual se mantuvo por cerca de tres semanas preservando una temperatura inferior a 65°C. Es posible evidenciar cómo durante los días 5 y 10 de iniciado el proceso estando en la fase termófila se presenta una disminución repentina de temperatura (ver graficas 1 y 2); dicha disminución es producto de un registro de temperatura inmediatamente realizado el proceso de volteo en las pilas, lo cual permite que haya liberación de calor. Posteriormente se origina una reactivación de los microorganismos y se vuelve a elevar la temperatura.

Entre la quinta y la sexta semana se presenta una pérdida de temperatura debido a la reaparición de los hongos termófilos para finalmente dar paso a la fase de maduración y enfriamiento por cerca de dos semanas hasta la recolección del producto.

Gráfica 2. Comportamiento de la temperatura de los tratamientos A1 Y B1 en el proceso.



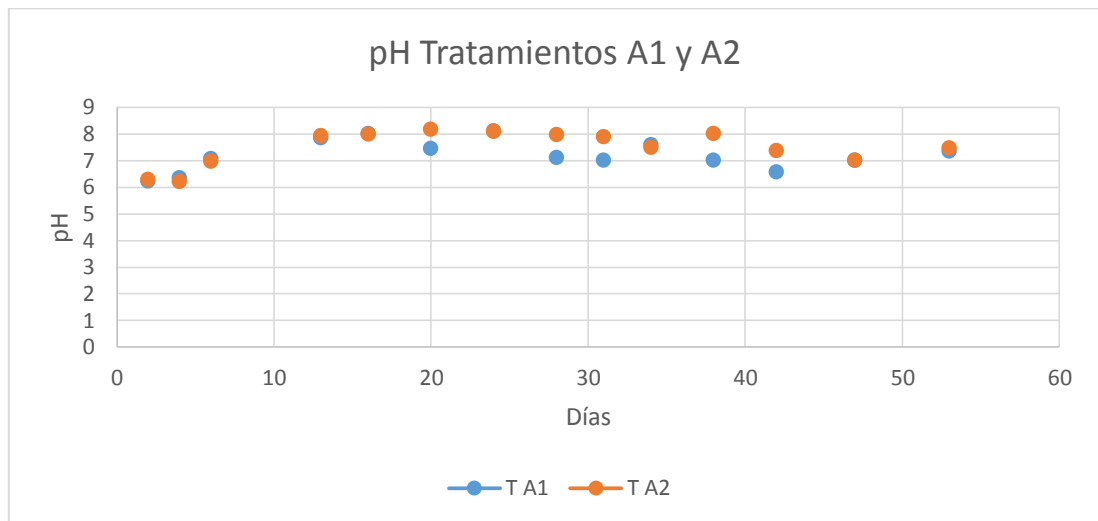
Gráfica 3. Comportamiento de la temperatura de los tratamientos A2 Y B2 en el proceso.



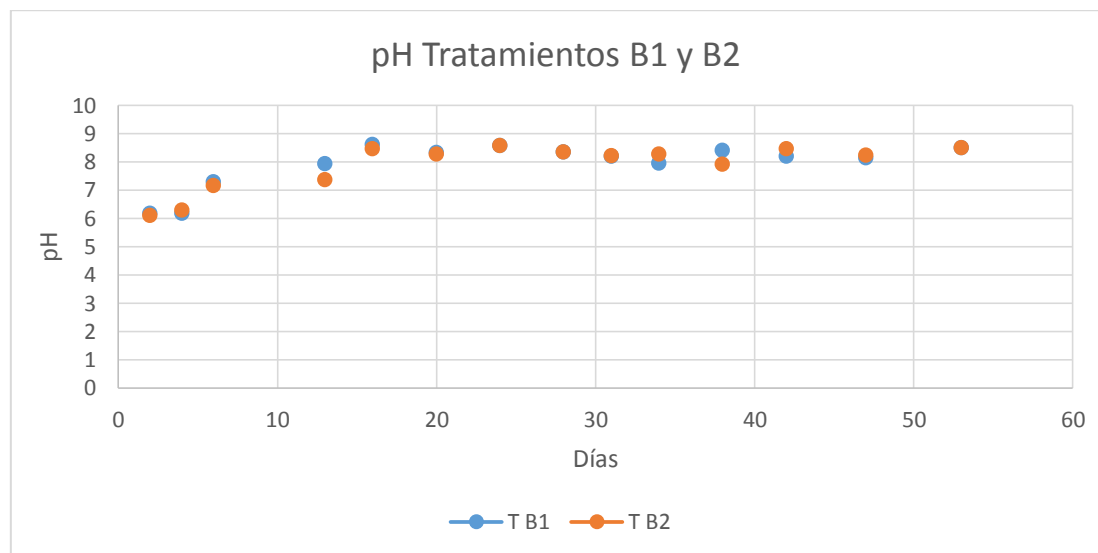
6.2.3. pH El pH puede ser ácido al principio por la degradación de la materia orgánica que genera ácidos grasos volátiles y disminuyen el pH del material. Posteriormente el CO₂ generado se disipa cuando las pilas se voltean, volatilizándolo y favoreciendo el incremento del pH acercándose a valores cada vez más alcalinos. (Sepúlveda & Alvarado, 2013). Esto se presentó alrededor de los seis (6) días de iniciado el proceso. También es posible observar como a partir

de la etapa termófila el pH aumenta a valores cercanos a 8.0, producto del aumento de temperatura el cual facilita la pérdida de Nitrógeno en forma de amoníaco (NH_3). Durante el desarrollo del proceso se obtuvieron valores en el rango de 7.3 a 8.6, seguidos de valores muy cercanos a un pH neutro en los tratamientos A1 y A2 y un estancamiento en los tratamientos B1 y B2.

Gráfica 4. pH de tratamientos A1 y A2 durante el proceso.



Gráfica 5. pH de tratamientos B1 y B2 durante el proceso.



6.2.4. Aireación Como lo enunciaron **Forero & Pachón (2015)**, el lugar donde fue realizada la experiencia cuenta con limitaciones producto de su ubicación y construcción, ya que la aireación lateral de las pilas es impedida por la pila adyacente. La aireación fue suministrada por medio de volteos y fueron necesarios diez (10) de ellos durante el desarrollo del proceso, concentrados en su mayoría en la etapa termófila para así regular la liberación de Nitrógeno y con ello evitar malos olores.

6.2.5. Pérdidas de peso Las pérdidas de peso en el proceso de compost varían entre el 12% hasta valores superiores al 50% (**Roca s.f.**). Para los tratamientos estudiados las pérdidas de peso se encuentran entre el 37 y 39% en las pilas A1 y A2 respectivamente, mientras que en las pilas B1 y B2 se obtiene mayores cantidades de pérdidas que se encuentra entre el 36 y 44% debido a la humedad presente en alimentos procesados y a la rápida descomposición de estos sustratos.

Tabla 3. Proporción de pérdidas de peso de los tratamientos divididos en escoria y tamizado.

	tratamiento A1		Tratamiento A2		Tratamiento B1		Tratamiento B2	
Peso inicial (kg)	100	100	100	100	100	100	100	100
peso final (kg)	Escoria	Tamizado	Escoria	Tamizado	Escoria	Tamizado	Escoria	Tamizado
	26	36,5	22	39,875	22,5	34	26,5	37
% de perdidas de peso	37,5%		38,1%		43,5%		36,5%	

6.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO FINAL

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en el análisis físico-químico del producto.

Tabla 4. Resultados del análisis físico-químico del producto

ANALISIS FISICOQUIMICOS FINAL									
Tipo de ensayo	pH	Humedad (%)	Carbono total oxidable (%C)	Nitrogeno total (%N)	Cenizas (%)	Potasio (% K ₂ O)	Fosforo total (%P ₂ O ₅)	Conductividad (μS/cm)	Relacion C/N
Compost de cesped y alimentos crudos A1	7.25	62.6	16.15	2.56	17.89	0.66	0.101	2190	6.309
Compost de cesped y alimentos crudos A2	7.57	79.06	14.91	2.44	16.86	0.86	0.398	1396	6.111
Compost de cesped, alimentos crudos y alimentos procesados B1	7.61	52.0	11.04	2.89	12.4	1.07	0.397	1793	3.820
Compost de cesped, alimentos crudos y alimentos procesados B2	7.6	76.4	9.93	1.85	11.2	0.89	0.33	1439	5.368

6.3.1. pH Los tratamientos compuestos por residuos de poda y residuos de alimentos sin procesar tuvieron un pH de 7.25 para A1 y 7.57 para su réplica. El pH del tratamiento A1 es muy similar a los encontrados por **Forero & Pachón** (2015), en los que sus tratamientos arrojaron valores de 7.21 y 7.22 para esta misma mezcla.

Para los tratamientos B1 y B2 los valores de pH obtenidos fueron de 7.61 y de 7.6 respectivamente, encontrándose estos también en un rango de pH óptimo para el producto. Estos resultados se encuentran dentro de los valores de 5.5 y 8.0 recomendados por **Goldstein et al.** (2005)

6.3.2. Reducción de volumen En el proceso de compostaje la reducción de volumen se estima entre un 60% y 70%, si se trata 100kg de residuos orgánicos, al final del proceso se obtendrá entre 30 y 40 kg de compost, el resto se evapora en forma de vapor de agua y CO₂ (**Alcolea & González, 2000**).

6.3.3 Humedad Las humedades presentadas por los tratamientos presentaron valores excesivos (ver tabla 3), con valores que se situaron en el rango de 52% al 80%, situando al tratamiento B1 entre los resultados obtenidos en los productos

finales de **Forero & Pachón**. Según la NTC 5167 el rango de humedad para un producto final se debe situar entre el 20 y el 35%, ya que los excesos de humedad pueden aportar peso y ser una limitante para la manipulación del producto.

6.3.4. Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Montserrat (2011) enuncia que equivocadamente se considera un compost maduro si el cociente de C/N se acerca a 10, valor que se presenta en la materia orgánica estabilizada de un suelo pero que no tiene por qué corresponder al que presente la materia orgánica de un compost. En la práctica, se suele considerar que un compost es suficientemente estable o maduro cuando su C/N es inferior a 20 aunque es una condición necesaria pero no suficiente (**Diaz et al, 2008**).

Los resultados encontrados en las muestras A1 y A2 presentan gran similitud con valores de 6.31 y 6.11 respectivamente, lo cual los califica como un compost maduro. Para los tratamientos B1 y B2 se presentaron valores significativamente bajos producto al bajo contenido de carbono en los sustratos, dejando como resultados relaciones C/N de 3.8 para B1 y 5.4 para su réplica.

6.3.5. Cenizas La norma técnica colombiana NTC 5167 señala que para un compost el contenido de ceniza presente debe tener un valor que sea igual o inferior al 60%. Para los tratamientos presentes en este estudio el máximo valor se situó en 16.89% y perteneció al tratamiento A1; esta misma mezcla se estudió por **Forero & Pachón** obteniendo valores cercanos al 50%.

6.3.6. Potasio y Fósforo El fósforo constituye uno de los macronutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, junto con el nitrógeno y el potasio. El fósforo cumple importantes funciones bioquímicas y fisiológicas, como formar parte de biomoléculas. El potasio es el responsable de la multiplicación celular y de la formación de tejidos más resistentes a la sequía y las heladas. Los

contenidos que presentan estas dos mezclas A1, A2, B1 y B2 de fósforo 0.1%, 0.398%, 1.07% y 0.33%, potasio 0.66%, 0.86%, 1.07% y 0.89% respectivamente.

El contenido en nutrientes del compost tiene una variabilidad según **Jacob** (1961) para el fosforo de 0.1% a 1.0% y para el potasio de 0.3% a 1.0%, ya que depende de los materiales de origen.

6.3.7. Conductividad Es una medida de la concentración de sales solubles en la fase líquida del compost, ha sido utilizada ampliamente como criterio de calidad en estos abonos orgánicos, (**Vogtmann et al., 1993**). La conductividad eléctrica tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, sin embargo esto no se observó en los tratamientos pues todos presentaron valores inferiores a los producidos inicialmente. Sus valores al iniciar y finalizar el proceso no deben superar los 3000 ms/Cm. (**Gordillo & Chávez, 2010**).

El valor más alto se obtuvo en el tratamiento A1 con 2190 ms/Cm, siendo este mucho más bajo que el obtenido en la misma mezcla de **Forero & Pachón** situada alrededor de los 5000 ms/Cm. Para los demás tratamientos este valor oscilo entre los 1400 y los 1800 ms/Cm.

6.4. ENSAYO DE GERMINACIÓN

Según la norma Chilena de compost **NCh 2880**, se califica un compost como maduro si este arroja un índice de germinación (IG) igual o superior al 80%. Para nuestro caso obtuvimos un IG de 63.3% y 98.6% para las los tratamientos A1 y A2 respectivamente. De igual el IG del tratamiento B1 se estableció en 79.5% y para B2 se obtuvo un valor de 94.5%. Con base en estos resultados podremos atribuir el positivo IG de los tratamientos A2, B1 y B2 a la correcta estabilización de los

compuestos fitotóxicos presentes (**Branzini et al, 2008**). Contrariamente sucede con el tratamiento A1, donde la estabilización de los compuestos fitotóxicos pudo estar limitada por la concentración de sales en su composición.

6.5. PROPUESTA DE LAS CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL COMPOSTAJE A ESCALA REAL EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO

6.5.1. Mezcla de composta elegida Con base a su destacado comportamiento en el desarrollo del proceso (temperatura, pH, humedad), parámetros físico-químicos finales, prueba de germinación y mayor aprovechamiento de los residuos proporcionados por la Universidad, la mezcla aconsejada para la implementación del proceso a escala real es aquella compuesta por 50% de residuos de poda, 30% de residuos no procesados y 20% de residuos procesados. Es importante mencionar que el aumento de las proporciones de alimentos procesados y no procesados puede ayudar a mejorar la relación C/N, además de corregir la humedad inicial del tratamiento y brindar mejores temperaturas en la etapa termófila.

6.5.2. Limitaciones y recomendaciones para futuros estudios evidenciadas en el proceso El análisis físico-químico inicial evidenció los bajos contenidos nutricionales con el que contaban los sustratos utilizados en el proceso en especial los residuos compuestos por poda y césped, lo cual que puede limitar la aplicación del producto como mejorador de suelos; Esto se presentó debido a la alta presencia de poda madura, la cual contaba con un almacenamiento entre una y dos semanas. Para corregir esta falencia es necesario evitar la poda que presente un proceso de descomposición y utilizar poda y residuos de césped frescos con presencia de altos contenidos de carbono.

El porcentaje de residuos de alimentos procesados no fue suficiente para presenciar diferencias entre los tratamientos estudiados, por tanto es recomendable aumentar el contenido de alimentos procesados disminuyendo el porcentaje de residuos de poda en busca de unas mejores temperaturas durante el proceso y un mejor comportamiento en la descomposición de la materia orgánica.

6.5.3. Requerimientos de infraestructura El almacenamiento de residuos de comida sin procesar es quizás uno de los factores más delicados en el proceso de implementación a escala real, puesto que es necesario mantener estos alimentos relativamente frescos. La sección de comedores actualmente cuenta con cuartos de almacenamiento de aproximadamente 8 m², área suficiente para los cerca de 150 Kg de residuos de alimentos sin procesar producidos semanalmente. De la misma manera se cuenta con un contenedor cilíndrico de 55 galones de capacidad para el almacenamiento de residuos procesados.

Tal como se indicó por **Forero & Pachón** (2015), el almacenamiento de residuos de poda es inadecuado, ya que estos están susceptibles a la contaminación de otros materiales y se encuentran expuestos a las altas temperaturas a las que condiciona el municipio de Bucaramanga. Para prevenir una afectación en el proceso de compostaje se propone la construcción de un cuarto de almacenamiento de altura 3 m y una losa de concreto de 30 m², con paredes alzadas en mampostería y cubierta termo acústica con capacidad para almacenar 25 m³ de poda.

Para realizar el proceso de compostaje la universidad cuenta con una planta de compostaje compuesta por un conjunto de camas que no ofrecen las condiciones óptimas de aireación y comodidad de trabajo para brindar un proceso de calidad (**Forero & Pachón, 2015**). Sin embargo este espacio es necesario para la restauración; procediendo a la demolición de las camas y losa existentes y dando

paso a la construcción de 2 filas de pilas compuestas cada una por 6 estructuras, siendo necesaria un área de 305 m²; 26.5 m de largo por 11.5 m de ancho, permitiendo con esto la realización del proceso de compostaje y un área pertinente para la trituración y preparación de los sustratos.

La maduración del producto demanda un rango de tiempo entre uno a dos meses, por tanto se necesitará de la construcción de una estructura techada con una losa de concreto de longitud 21 m por un ancho de 4,5 m, adyacente a esta se requiere de un cuarto de almacenamiento de 25 m² para el acopio del producto maduro en costales para prevenir las pérdidas de humedad.

Las dimensiones anteriormente mencionadas están sujetas a la disponibilidad del terreno, materia prima producida, comodidad de los trabajadores, rendimientos óptimos, aislamiento de condiciones externas y producción de un producto de calidad.

6.5.4. Tamaño de las pilas de compostaje Teniendo en cuenta que el factor limitante para obtener las proporciones indicadas es la producción de residuos sin procesar, los cuales se encuentran en el rango de los 150 y los 170 Kg semanales, es posible realizar el montaje de pilas de compostaje de 600 Kg de peso con una longitud de 3 m y un ancho de 2 m, alzadas en mampostería y con espacio entre bloques de 1 cm para facilitar la circulación de aire por el material **(Alcolea & González, 2000)**.

6.5.5. Transporte Para el transporte de residuos procesados se necesitará de una zorra metálica con capacidad de 250 Kg para transporte de una caneca cilíndrica de 30 galones de capacidad operada por un trabajador. De igual manera el transporte de residuos de alimentos sin procesar se podrá realizar mediante carretillas desde el sitio de disposición del servicio de comedores hasta la planta de compostaje.

Para el transporte de poda al cuarto de almacenamiento se podrá disponer del vehículo utilizado actualmente por la universidad para el traslado de material a la planta de compostaje.

6.5.6. Método de aireación de las pilas Con el fin de conseguir un compostaje de buenas condiciones y que se obtenga de manera rápida, y a la vez evitar malos olores, es imprescindible asegurar la presencia de oxígeno necesario para la evolución del proceso de descomposición aeróbico. Es aconsejable mezclar cada 2 o 3 días el residuo para asegurar que la transformación se dé en condiciones aeróbicas, de tal forma que el aire llegue al centro de la pila. Levantar el sistema del piso, también es muy beneficioso, ya que de esta forma, el aire penetra la masa de residuos y permite la reducción de los volteos **(Sepúlveda & Alvarado, 2013)**.

6.5.7. Tiempo para el proceso de compostaje Según el estudio realizado por **Forero & Pachón (2015)** y comparando los resultados con los estudios actuales, el tiempo en el proceso de compostaje se encuentra entre los 45 y 60 días, dando inicio al proceso de maduración que Requiere de 1 a 2 meses en promedio y se realiza exponiendo el compost a temperatura ambiente y protegido de la lluvia. Durante este período, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus **(Sepúlveda & Alvarado, 2013)**.

6.5.8. Recurso hídrico y humectación durante el proceso De acuerdo con la página web del **IDEAM (URL1)** el fenómeno del niño se estableció durante el primer trimestre del año 2016 y su fase de debilitamiento se extenderá hasta el mes de junio. Con el objetivo de mitigar esta problemática y prevenir afectaciones en el proceso de compostaje el cual requiere de humectación periódica, se hace necesario mantener la existencia de líquido mediante un tanque de almacenamiento de 3000 litros y el uso de la toma de agua ubicada actualmente en el lugar.

La humectación del material es un factor variante pues está asociada a la actividad microbiana, ya que si la humedad es baja la actividad microbiana se hace lenta y si eleva considerablemente ocurre lo contrario; por tanto es imprescindible el monitoreo continuo y la corrección de humedades bajas mediante humectación con balde o humedades altas con volteos del material manualmente.

6.5.9. Mano de obra y seguimiento del proceso Para la realización y seguimiento del proceso como mínimo se requiere de dos personas con disponibilidad de tiempo completo; encargadas de transportar los residuos de alimentos procesados y no procesados, triturado de residuos, desplazamiento interno de poda, montaje del proceso, volteo, humectación y almacenamiento del material y además deben capacitarse para el monitoreo y mantenimiento de rangos óptimos de humedad, temperatura y pH.

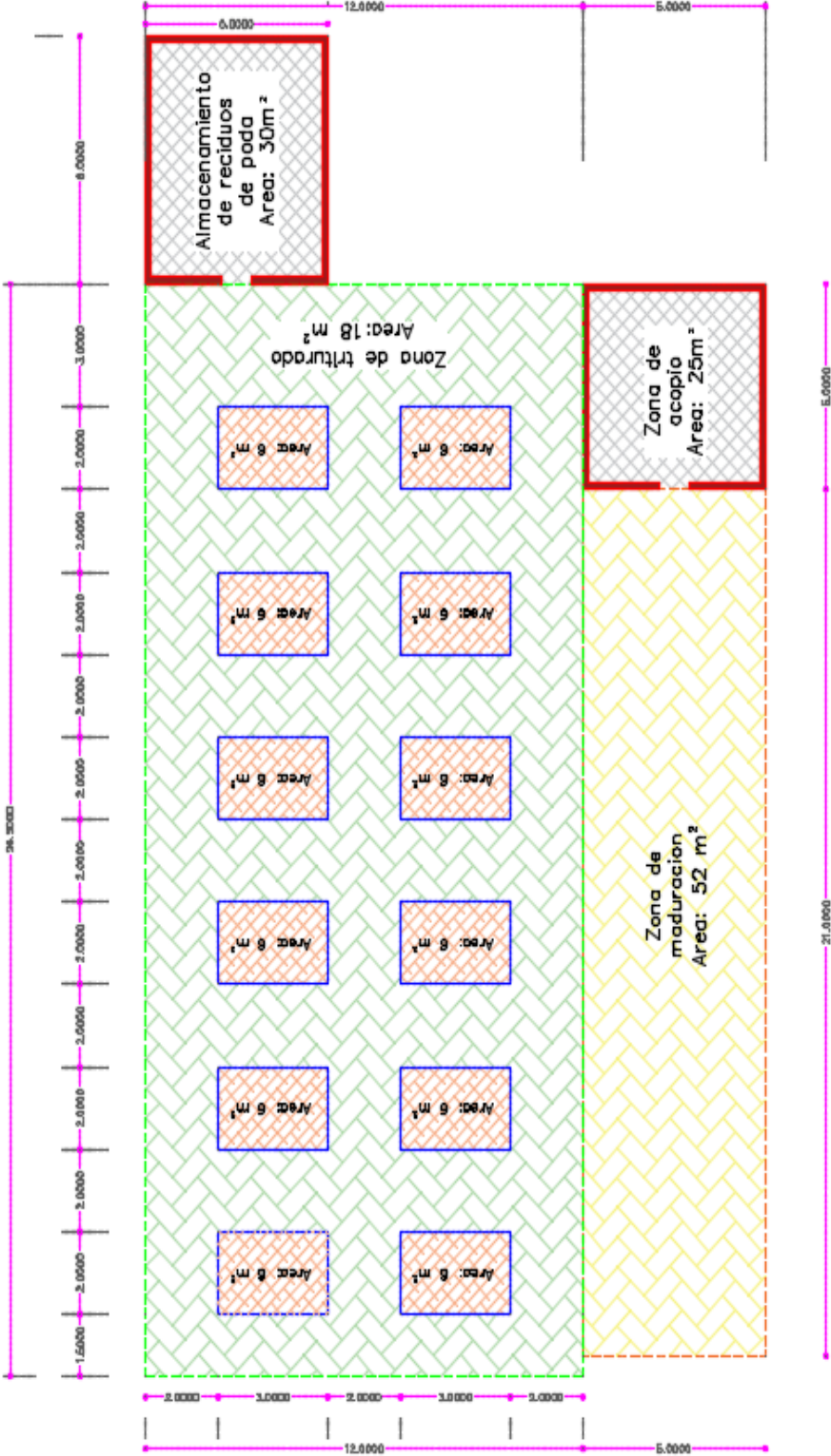
6.5.10. Instrumentos para la puesta en marcha y seguimiento del proceso En la Tabla 5 se presentan los elementos necesarios para la puesta en marcha y seguimiento del proceso a escala real con sus respectivos usos y cantidades.

Tabla 5. Elementos necesarios para la puesta en marcha y seguimiento del proceso.

ELEMENTO	CANTIDAD	USO
Caneca cilíndrica de 30 galones	1	Transporte de residuos procesados.
Zorra metálica de capacidad 250 Kg	1	Transporte de caneca.
Enfriador tapa cofre (opcional).	1	Almacenamiento de residuos no procesados
Carretilla	2	Transporte de residuos no procesados.
Machetes	2	Triturado de residuos.
Lima triangular	1	Afilado de machetes.

ELEMENTO	CANTIDAD	USO
Bascula industrial	1	Pesado de sustratos.
Guantes de carnaza.	1	Uso personal
Pala	2	Volteo de los materiales.
Escobas	2	Limpieza de la planta, cuartos de almacenamiento y monitoreo.
Rastrillos industriales	2	Barrido de hojas.
Baldes	2	Humectación de las pilas.
Recipiente de almacenamiento y continuo suministro de agua destilada.	1	Limpieza de elementos usados en la toma de datos
Lector de humedad	1	Toma de datos en campo.
Lector de pH	1	Toma de datos en campo.
Termómetro impermeable para compost de 80 centímetros de longitud de tallo.	1	Toma de datos en campo.
Elementos de protección personal.	2	Uso personal

6.5.11. Propuesta de diseño planta de compostaje



7. CONCLUSIONES

- No se observaron diferencias en la calidad fisicoquímica de los dos tipos de tratamientos estudiados. Estos se caracterizaron por tener altos valores de humedad, bajas relaciones C/N, pH neutro y conductividad baja.
- A pesar de las deficiencias en las características fisicoquímicas de los sustratos, se observó en ambos tipos de tratamientos el desarrollo de las fases mesofílica y termofílica al poco tiempo del inicio del experimento, evidenciando rápidamente la transformación de la materia orgánica. Las diferencias en las fases de enfriamiento y maduración, durante el periodo analizado, no son significativas.
- Los resultados de la calidad del producto, muestran que el producto del tratamiento A presentó relaciones C/N mayores. Sin embargo, para ambos tipos de sustrato, debe considerarse los altos contenidos de humedad, conductividad eléctrica y bajo contenido nutricional (P, K), que podrían limitar la aplicación del producto como mejorador de suelos.
- Para la elaboración de un producto con altos estándares debe considerarse la readecuación y acondicionamiento de las zonas destinadas al compostaje de los sustratos, las cuales se encuentren libres de filtraciones y condiciones externas que puedan intervenir en el desarrollo de un proceso de calidad. Además se debe velar por las buenas condiciones de almacenamiento de los residuos de poda pues su gran aporte en volumen puede bajar significativamente los valores de humedad inicial si se encuentran expuestos a la intemperie por periodos prolongados.

- La optimización de los recursos, comportamiento de la mezcla y la obtención de un aspecto más maduro en el producto final permiten postular a la mezcla de poda conjunto con residuos procesados y no procesados como la mejor alternativa para la implementación del proceso de compostaje a escala real. Sin embargo estos residuos contienen altos contenidos de nitrógeno los cuales reducen la relación C/N y deben ser estabilizados con residuos de poda y alimentos sin procesar con alto contenido de carbono.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gutiérrez, J. (Ed.). (2002). Educación ecológica y ambiental. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- Comité técnico Ambiental y Sanitario. (2007). Implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos en la Universidad Industrial de Santander, de Universidad Industrial de Santander sitio web: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/capacitaciones/Lineamientos%20PGIR-UIS.pdf>
- Hernández, L.B., Gaitán, C.A. (2014). Evaluación de la calidad fisicoquímica de los residuos orgánicos de rápida degradación generados en el campus universitario como potencial materia prima del proceso de compostaje. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia
- Evaluación de opciones para la implementación del compostaje de residuos sólidos orgánicos de rápida degradación en el campus de la Universidad Industrial de Santander, sede principal – Grupo de investigación en predicción y modelamiento hidroclimático. Universidad Industrial de Santander.
- Forero, A.R., Pachón, C.F. (2015). Análisis del compostaje de residuos orgánicos de rápida degradación para su implementación en la Universidad Industrial de Santander sede Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
- Strom, P. (1985). Effect of Temperature on Bacterial Species Diversity in Thermophilic Solid-Waste Composting. New Jersey, Estados Unidos.

- CALIFORNIA ORGANIC FERTILIZERS INC. <http://www.organicag.com/>
- Grupo GPH Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander.
- Baker, B. (Sin fecha), Materials Questions
- Chiumenti, A., Chiumenti, R., Diaz, L. F., Savage, G. M., Eggerth, L. L., & Goldstein, N. (2005). Modern composting technologies. Estados Unidos.
- Roca, A. (Sin fecha), Valoración agronómica del compost y factores limitantes de su aplicación. La Coruña, España.
- Alcolea, M., González, C. (2000). Manual compostaje en casa. Barcelona, España.
- División de bienestar universitario. (2009). Guía de manejo de residuos orgánicos en comedores y cafetería. 2015, de Universidad Industrial de Santander Sitio web:
https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guias/GBE.63.pdf
- Montserrat, S. (2011). Materia orgánica y compostaje. Control de la calidad y del proceso. Barcelona, España.
- Márquez, P.B, Díaz, M.J., Cabrera, F. (2008). Compostaje, Factores que afecta al proceso de compostaje. Sevilla, España: Grupo mundi-prensa.
- Jacob, A., Uexkull, H.(1961). Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Ámsterdam, Holanda.

- Vogtmann, H., Fricke, K., TURK, T. (1993). Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste composts. *Composts Science and Utilization*.
- Gordillo, F., Chávez, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Guayaquil, Ecuador.
- NCh 2880 – Norma Chilena de calidad de compost (2005)
- Zubillaga, S., Branzini, A., Silvio, R. (2008). Problemas de fitotoxicidad en compost. Buenos Aires, Argentina.
- Sepúlveda, L., Alvarado, J. (2013). Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. Medellín, Colombia.
- NTC 5167 – Norma técnica Colombiana; Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo (2004).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/> (URL 1).

BIBLIOGRAFÍA

ALCOLEA, M., GONZÁLEZ, C. Manual compostaje en casa. Barcelona, España. 2000

BAKER, B. Materials Questions

CALIFORNIA ORGANIC FERTILIZERS INC. [en línea] disponible en:
<http://www.organicag.com/>

CHIUMENTI, A., CHIUMENTI, R., DIAZ, L. F., SAVAGE, G. M., EGGERTH, L. L., & GOLDSTEIN, N. Modern composting technologies. Estados Unidos. 2005

COMITÉ TÉCNICO AMBIENTAL Y SANITARIO. Implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos en la Universidad Industrial de Santander, de Universidad Industrial de Santander 2007 [en línea] disponible en:
<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/capacitaciones/Lineamientos%20PGIR-UIS.pdf>

DIVISIÓN DE BIENESTAR UNIVERSITARIO. Guía de manejo de residuos orgánicos en comedores y cafetería. 2015, de Universidad Industrial de Santander [en línea] disponible en:
https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guias/GBE.63.pdf

FORERO, A.R., PACHÓN, C.F. Análisis del compostaje de residuos orgánicos de rápida degradación para su implementación en la Universidad Industrial de

Santander sede Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2015

GORDILLO, F., CHÁVEZ, E. Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Guayaquil, Ecuador. 2010

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN PREDICCIÓN Y MODELAMIENTO HIDROCLIMÁTICO. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Evaluación de opciones para la implementación del compostaje de residuos sólidos orgánicos de rápida degradación en el campus de la Universidad Industrial de Santander, sede principal

GRUPO GPH Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander.

GUTIÉRREZ, J. Educación ecológica y ambiental. Ciudad de México, México: Editorial Limusa. 2002

HERNÁNDEZ, L.B., GAITÁN, C.A. Evaluación de la calidad fisicoquímica de los residuos orgánicos de rápida degradación generados en el campus universitario como potencial materia prima del proceso de compostaje. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia 2014

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES NTC 5167. Norma técnica Colombiana; Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo Bogotá: ICONTEC 2004

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. [en línea] disponible en: <http://www.ideam.gov.co/>

JACOB, A., UEXKULL, H. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Ámsterdam, Holanda. 1961

MÁRQUEZ, P. B., DÍAZ, M. J., Cabrera, F. Compostaje, Factores que afecta al proceso de compostaje. Sevilla, España: Grupo mundi-prensa. 2008

MONTSERRAT, S. Materia orgánica y compostaje. Control de la calidad y del proceso. Barcelona, España. 2011

NCh 2880 – Norma Chilena de calidad de compost 2005

ROCA, A. Valoración agronómica del compost y factores limitantes de su aplicación. La Coruña, España.

SEPÚLVEDA, L., ALVARADO, J. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. 2013



STROM, P. Effect of Temperature on Bacterial Species Diversity in Thermophilic Solid-Waste Composting. New Jersey, Estados Unidos. 1985

VOGTMANN, H., FRICKE, K., TURK, T. Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste composts. Composts Science and Utilization. 1993

ZUBILLAGA, S., BRANZINI, A., SILVIO, R. Problemas de fitotoxicidad en compost. Buenos Aires, Argentina. 2008

ANEXOS

Anexo A. Análisis físico-químico inicial

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



Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2015, en los parámetros pH, DBO₅, 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-16-040	Fecha de emisión:	Febrero 19 de 2016
Cliente:	RICARDO OVIEDO OCAÑA		
Dirección del cliente:	Escuela Ingeniería Civil - UIS		
Solicitud de servicio No.	16-034	No. de muestras:	05
Fecha de recepción de las muestras:	Febrero 05 de 2016		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Febrero 05 de 2016 – Febrero 19 DE 2016		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	16-034-01	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA 1 RESIDUOS DE CORTE DE CESPED Y HOJAS DE ARBOLES		
Matriz de la muestra:	Residuos vegetales		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	UIS / Planta Física		
Fecha del muestreo:	Febrero 04 de 2016		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH Unidades de pH)	5,27	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	10,47	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	19,13	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,13	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	16,87	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	0,585	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,236	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µS/cm)	2276	Conductivimétrico/NTC 5167

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

Informe de resultados No. I-16-040

Solicitud de servicio No. 16-034

2. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 16-034-02	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: MUESTRA 2- RESIDUOS DE ALIMENTOS CRUDOS	
Matriz de la muestra: Residuos Alimentos	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: UIS / Planta Física	
Fecha del muestreo: Febrero 04 de 2016	



PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,84	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	86,17	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	12,87	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,98	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	52,59	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio(%K ₂ O)	0,581	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,33	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (µS/cm)	7150	Conductivimétrico/NTC 5167

3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 16-034-03	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: MUESTRA 3 – RESIDUOS DE ALIMENTOS PROCESADOS	
Matriz de la muestra: Residuos Alimentos Procesados	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: UIS / Planta Física	
Fecha del muestreo: Febrero 04 de 2016	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	4,56	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	71,97	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	15,87	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	3,00	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	3,43	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	0,34	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,22	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (mS/cm)	11,805	Conductivimétrico/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;
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 3 de 4	

Informe de resultados No. I-16-040 Solicitud de servicio No. 16-034

4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 16-034-04	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: MUESTRA 4 – MEZCLA DE RESIDUOS DE CESPED Y ALIMENTOS CRUDOS	
Matriz de la muestra: Residuos de Césped y Alimentos Crudos	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: UIS / Planta Física	
Fecha del muestreo: Febrero 04 de 2016	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,36	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	78,64	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	19,16	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,02	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	10,28	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	0,39	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,180	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (μS/cm)	3060	Conductivimétrico/NTC 5167

5. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 16-034-05	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: MUESTRA 5 – MEZCLA DE RESIDUOS DE CESPED, ALIMENTOS CRUDOS Y ALIMENTOS PROCESADOS	
Matriz de la muestra: Residuos de Césped, Alimentos Crudos y Alimentos Procesados	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: UIS / Planta Física	
Fecha del muestreo: Febrero 04 de 2016	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	5,29	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	66,3	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	16,71	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,03	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	16,78	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	0,93	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,35	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (μS/cm)	3640	Conductivimétrico/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;
labquimco@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

Anexo B. Análisis físico-químico final

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 1 de 3	



Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2015, en los parámetros pH, DBO₅, 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-16-151	Fecha de emisión:	Abril de 2016
Cliente:	RICARDO OVIEDO OCAÑA		
Dirección del cliente:	Escuela Ingeniería Civil - UIS		
Solicitud de servicio No.	16-130	No. de muestras:	04
Fecha de recepción de las muestras:	Abril 12 de 2016		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Abril 12 de 2016 – Abril de 2016		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	16-130-01	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA A1 COMPOST DE PODA Y ALIMENTOS CRUDOS		
Matriz de la muestra:	Residuos vegetales		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	UIS / Planta Física		
Fecha del muestreo:	Abril 12 de 2016		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH Unidades de pH)	7,25	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	62,60	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	16,15	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,56	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	17,89	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	0,66	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,101	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	2190	Conductivimétrico/NTC 5167

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 3	

Informe de resultados No. I-16-151 Solicitud de servicio No. 16-130

2. ANALISIS FISICOQUIMICO



Codificación de la Muestra:	16-130-02	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA A2 REPLICA DE COMPOST DE PODA Y ALIMENTOS CRUDOS		
Matriz de la muestra:	Residuos Alimentos		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	UIS / Planta Física		
Fecha del muestreo:	Abril 12 de 2016		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7,57	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	79,08	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	14,91	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,44	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	16,88	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio(%K ₂ O)	0,86	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,398	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	1396	Conductivimétrico/NTC 5167

3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	16-130-03	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA B1 COMPOST DE COMPOST DE PODA ALIMENTOS CRUDOS Y ALIMENTOS PROCESADOS		
Matriz de la muestra:	Residuos Alimentos		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	UIS / Planta Física		
Fecha del muestreo:	Abril 12 de 2016		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7,61	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	52,00	Gravimétrico/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	11,04	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	2,89	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	12,40	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	1,07	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,397	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	1793	Conductivimétrico/NTC 5167

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

Informe de resultados No. I-16-151 Solicitud de servicio No. 16-130

4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	16-130-04	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	MUESTRA B2 COMPOST DE COMPOST DE PODA ALIMENTOS CRUDOS Y ALIMENTOS PROCESADOS		
Matriz de la muestra:	Residuos de Alimentos		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	UIS / Planta Física		
Fecha del muestreo:	Abril 12 de 2016		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7,6	Potenciométrico/NTC 5167
Humedad (%)	76,40	Gravimetric/NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (%C)	9,93	Espectrofotométrico/NTC 5167
Nitrógeno Total (%N)	1,85	Titrimétrico -Kjeldahl/NTC 370
Cenizas (%)	11,20	Gravimétrico/NTC 5167
Potasio (%K ₂ O)	0,89	Absorción Atómica/NTC 5167
Fósforo Total (%P ₂ O ₅)	0,330	Espectrofotométrico/NTC 5167
Conductividad (ms/Cm)	1439	Conductivimétrico/NTC 5167

Observaciones: **Resultados Base seca**

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