



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUIMICA



“ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA CARACTERIZACION FISICOQUIMICA
DE COMPOSTA ELABORADA CON DESECHOS SOLIDOS DE LA TENERIA
TEFLOZE, LEÓN”

TRABAJO DE TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIADA EN
QUIMICA

PRESENTADO POR

Br. Mara Eli Rojas.
Br. Helen María Romero Salazar.

TUTORES

MSc. Annabelle Martínez.
MSc. Haylell Emilio Escoto López.

León, Julio 2011.



AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos dado la sabiduría para poder terminar este trabajo, la salud y las fuerzas necesarias.

A todos y cada uno de nuestros familiares, especialmente a nuestros padres ya que sin su ayuda no podríamos haber culminado nuestros estudios.

A nuestra tutora MSc. Annabelle Martínez por su ayuda incondicional y muy especialmente a MSc. Haylell Emilio Escoto López, Lic. Claudia Alvarado por su colaboración en el desarrollo de nuestro tema.



DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios, ya que es la luz que alumbra mi camino y siempre está en mis pensamientos.

A mis padres María de Jesús Salazar y Cristóbal Ervin Romero quienes me han dado todo su amor, comprensión y esfuerzo para culminar mis estudios.

A mi hija María Elena Dávila Romero a quien amo y a mi esposo Bonis Dávila Blandón quien me brindo su apoyo incondicional en cada etapa de esta tesis.

A mis hermanos que me han ayudado en cada momento de mi vida, Miladis Martínez, Marlon Romero, Erick Romero, Lenin Romero, Ileana Romero a quienes admiro y quiero mucho.

Helen María Romero Salazar.



INDICE

I. Resumen.....	1
II. Introducción.....	2
III. Problema.....	3
3.1 Planteamiento del problema.....	3
3.2 Formulación del problema.....	3
3.3 Sistematización del problema.....	3
IV. Justificación.....	4
4.1 Teórica.....	4
4.2 Metodológica.....	4
4.3 Práctica.....	4
4.4 Viabilidad de la investigación.....	4
V. Objetivos.....	5
5.1 General.....	5
5.2 Específicos.....	5
VI. Marco de referencia.....	6
6.1 Marco teórico.....	6
6.1.1 Suelo.....	6
6.1.2 Abonos orgánicos.....	7
6.1.3 Proceso de preparación de la piel para la obtención de cuero.....	11
6.1.4 Alternativas de tratamientos de los residuos orgánicos.....	15
6.1.5 ¿Qué es el compostaje?.....	15
6.1.6 Datos generales de la preparación de las clases de composta elaboradas por la señora Eulalia López.....	20
6.1.7 Indices de calidad de los abonos orgánicos.....	21
6.1.8 Calidad de la composta.....	33
6.2 Marco conceptual.....	34
6.3 Marco espacial.....	37
6.4 Marco temporal.....	37
VII. Formulación de la hipótesis.....	38
VIII. Metodología.....	38
8.1 Tipo de estudio.....	38
8.2 Métodos de investigación.....	38
8.3 Métodos y técnicas de recopilación de la información.....	38
8.3.1 Métodos.....	38
8.4 Materiales y equipos.....	39
8.5 Diseño experimental.....	41
8.6 Tratamiento de la muestra.....	42
IX. Resultados.....	42
X. Análisis de resultados.....	50
XI. Conclusión.....	51
XII. Recomendaciones.....	52
XIII. Bibliografía.....	53
XIV. Anexos.....	55



I- RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar una caracterización fisicoquímica a muestras de composta preparada con desechos sólidos generados en la etapa de ribera del proceso de curtido de pieles de la Tenería artesanal que dirige la Señora Eulalia Zelaya López (TEFLOZE), en el Barrio de Sutiava, en la Ciudad de León, Departamento de León.

Con la finalidad de disminuir la contaminación que generan con sus desechos las pequeñas tenerías, se ha brindado capacitación a los pequeños teneros para optimizar sus recursos, y den valor agregado a sus desechos.

La Sra. López, retomó la idea de elaborar composta de los desechos sólidos que genera su tenería, creando así, 3 pilas con 3 diferentes tratamientos:

1. Pila 1: Pellejo salado con pelo, hojarascas, tierra y hierba verde (Enero-October 2009).
2. Pila 2: Pellejo con cal y sulfuro de sodio, hojarascas y tierra (Junio-October 2009).
3. Pila 3: Pellejo simple, hojarascas y tierra (Mayo-October 2009).

Mediante la caracterización fisicoquímica se pretende definir la calidad del producto obtenido y su posibilidad de ser comercializado; contribuyendo así, a la búsqueda de alternativas de manejo a los desechos sólidos generados por las labores en las tenerías.

A las tres formulaciones de composta (F1, F2, F3) se les determinó 14 parámetros, y los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de suelo del departamento de Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología en la UNAN-León.

Los datos obtenidos fueron sometidos primero a la prueba estadística de Hüber para comprobar si existían o no valores aberrantes en los resultados, demostrándose la no existencia de los mismos. Y a un análisis de varianza para determinar cuál de las formulaciones es significativamente mejor, resultando la formulación 2 (F2) la que cuenta con los índices de calidad más altos.

Este estudio nos permitió conocer la calidad de la composta elaborada por la Sra. Eulalia López y recomendarle seguir un procedimiento más apropiado para la elaboración de la misma, de modo que haga más aprovechables estos desechos, lo cual permitirá obtener un subproducto comercializable que generará ingresos extras a dicha tenería, logrando integrar una nueva técnica que elimina en su empresa una fuente de contaminación para el río Chiquito.



II. INTRODUCCION

Los requerimientos del suelo para las distintas plantas varían mucho, y no se puede generalizar sobre el terreno ideal para el crecimiento de todas las plantas. Muchas plantas como la caña de azúcar requieren suelos húmedos, que estarían insuficientemente drenados para el trigo. Las características apropiadas para obtener con éxito determinadas cosechas no sólo son esenciales al propio suelo; algunas de ellas pueden ser creadas para un adecuado acondicionamiento del mismo.

Los componentes primarios del suelo son:

- 1) Compuestos inorgánicos, no disueltos, producidos por la meteorización y la descomposición de las rocas superficiales;
- 2) Los nutrientes solubles utilizados por las plantas;
- 3) Distintos tipos de materia orgánica, viva o muerta;
- 4) Gases y agua requeridos tanto por las plantas, como por la fauna del suelo.

La parte orgánica del suelo está formada por restos vegetales y restos animales, junto a cantidades variables de materia orgánica amorfa llamada humus. La fracción orgánica representa entre el 2 y el 5% del suelo superficial en las regiones húmedas, pero puede ser menos del 0.5% en suelos áridos o más del 95% en suelos de turba.

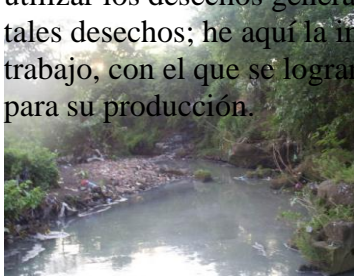
El abono orgánico, es fertilizante que proviene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos.

Toda materia orgánica eventualmente se descompone. La composta aligera el proceso proveyendo el ambiente ideal para bacterias y otros microorganismos que descomponen desperdicios. El producto final es humus o composta que huele a tierra húmeda hace maravillas para todo tipo de suelos y provee los nutrientes vitales que ayudan al crecimiento de las plantas.



Los organismos que descomponen el material orgánico son: bacterias, hongos, gusanos, bichos bolitas, nematodos y otros. Para la descomposición, estos organismos necesitan cuatro elementos claves: nitrógeno, carbón, humedad y oxígeno.

Dada la situación ambiental que se vive en la ciudad de León con la contaminación que sufre el río Chiquito, en parte, producto de las labores de las tenerías, se ve la necesidad de utilizar los desechos generados por estas, lo cual puede lograrse elaborando composta con tales desechos; he aquí la importancia de la realización de este trabajo, con el que se logrará definir el procedimiento correcto para su producción.





III. PROBLEMA

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Industria Tenera en la ciudad de León, ha sido por mucho tiempo, una fuente de contaminación al medio ambiente, afectando directamente el Río Chiquito; pero también es responsabilidad de toda la población de este municipio.

Uno de los contaminantes de las tenerías, son los desechos sólidos que se generan en la etapa de ribera. Estos desechos generan malos olores, atrae insectos y bacterias; además de dar mal aspecto en los lugares donde son depositados.

3.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Los desechos sólidos generados en la etapa de ribera en el proceso de curtido de pieles en las tenerías, no reciben tratamiento alguno para su aprovechamiento y/o disminuir la contaminación.

3.3 SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

¿Se pueden aprovechar los desechos sólidos obtenidos en la etapa de ribera del proceso de curtido de pieles, elaborando composta?

¿La composta que se produce con desechos sólidos obtenidos en la etapa de ribera del proceso de curtido de pieles se considera como un producto de buena calidad, por la cantidad de nutrientes que contiene?

¿La cantidad de composta que se produce con desechos sólidos obtenidos en la etapa de ribera del proceso de curtido de pieles, es suficiente para venderlo como un subproducto?



IV. JUSTIFICACION

4.1 TEORICA

La agricultura alternativa promueve la biodiversidad del suelo, a través de la incorporación de materia orgánica que nutra a los microorganismos del suelo, ya que ellos son los responsables de que los nutrientes se encuentren disponibles para las plantas, sin contar que mejoran las condiciones físicas del suelo. El mejoramiento del suelo se puede conseguir por medio de uso de abonos orgánicos, los cuales se definen como fertilizantes de origen natural y de lo que depende el quehacer de la agricultura orgánica ^[4].

4.2 METODOLÓGICA

En éste estudio, se utilizaron los métodos que emplea el Laboratorio de suelo de la UNAN-León para análisis de abonos orgánicos sólidos.

4.3 PRÁCTICA

La caracterización de estos abonos elaborados con desechos cárnicos de tenerías, pretende ofrecer una alternativa de aprovechamiento agrícola, y una manera de atenuar la problemática de contaminación que actualmente sufre el río chiquito de esta ciudad de León, ya que estos desechos son contaminantes del mismo.

4.4 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION

Para la realización del presente trabajo, se cuenta con el respaldo del laboratorio de análisis de suelo perteneciente al Departamento de Química de la UNAN-León, ubicado en el Campus Agropecuario de la misma.



V. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Caracterizar mediante índices de calidad la composta obtenida a partir de desechos sólidos derivados de la industria Tenera.

5.2 ESPECIFICOS

- Determinar en el laboratorio los índices de calidad pH, Conductividad Eléctrica (CE), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Potasio (K_2O), Calcio (CaO), Magnesio (MgO), Materia Orgánica (MO), Nitrógeno Total (NT), Carbono Orgánico Total (COT), Acidos Húmicos (AH), Acidos Fúlvicos (AF), Fósforo (P_2O_5), Azufre (SO_4^{-2}) y Saturación de Bases (V) en tres formulaciones de composta.
- Definir la calidad de la composta obtenida a partir de los desechos sólidos generados en el proceso de ribera del curtido de pieles de la tenería TEFLOZE, según los niveles de los índices de calidad determinados.
- Evaluar a partir de los resultados del laboratorio, el procedimiento de elaboración de las compostas aplicado por la Sra. Eulalia López usando los desechos sólidos de su tenería.



VI. MARCO DE REFERENCIA

6.1 MARCO TEORICO

6.1.1 *El suelo*

6.1.1.1 Composición del suelo

El suelo es la base de la producción animal y vegetal, ya que de su adecuado manejo depende que los alimentos sean constantes, crecientes y que se mejore y conserve su fertilidad. El suelo está conformado por una parte inorgánica (minerales, agua y aire) y por una porción orgánica, compuesta por una gran cantidad de microorganismos y otro tipo de seres, como las plantas (musgos, hepáticas, helechos, luego las gramíneas, las leguminosas, etc.) y los animales (desde los colémbolos, ácaros, tisanuros, lombrices, caracoles e insectos, hasta ranas, arañas, lagartijas, etc.)^[5].

El suelo está constituido de diferentes horizontes, más orgánicos cuanto más superficiales y más minerales cuando se desciende hacia la roca madre, o sea que el suelo crece por los dos lados, es decir, por la base que forma la roca madre (la litogénesis); y por la superficie constituida por el manto (la pedogénesis)^[1].

Las constantes prácticas utilizadas por la agricultura moderna para cultivar el suelo, en la mayoría de los casos, destruyen su horizonte orgánico haciéndolo desaparecer de la superficie. Es en este horizonte orgánico donde se realiza la humificación del manto bajo la acción microbiana. Por este motivo es importante el trato especial que este horizonte debe tener con las prácticas de la agricultura orgánica, aprovechando, juntando, reciclando y dirigiendo los materiales orgánicos hasta la fermentación para la formación de humus, que según los materiales orgánicos utilizados y el tipo de fermentación, se originará, un producto u otro, para luego ser aprovechado directamente en los cultivos. Estas prácticas se han dejado de usar a pesar de su papel fundamental para el mantenimiento de la fertilidad de los suelos^[1].

Dentro de los principios de la agricultura orgánica, la alimentación del suelo por el humus, es considerada como una actividad de propiedad, porque todo lo que sale o se saca del suelo, debe regresar al suelo a través de esa fermentación biológica que se denomina composta^[1].

6.1.1.2 Características físicas

Textura: Esta se define como la proporción en que se encuentran los diferentes separados que conforman el suelo. Estos son la arena, el limo y la arcilla. De acuerdo con el separado que predomine en el suelo, este recibe su nombre^[4].

Estructura: Las partículas que conforman el suelo tienen la capacidad de agruparse de diferentes formas y el ordenamiento que éstas adopten se conoce como estructura. Si el suelo contiene alta proporción de arena, no existe una ordenación estructural debido a la ausencia de la propiedad aglutinante que le proporciona la materia orgánica, el calcio y la



arcilla. Una estructura bien desarrollada indica la presencia de arcilla y materia orgánica. Los principales tipos estructurales son: granular, columnar, laminar, de bloque ^[4].

6.1.1.3 Propiedades químicas del suelo:

Los componentes minerales del suelo, el agua, el aire y los elementos orgánicos presentan reacciones químicas y forman nuevos compuestos que cambian continuamente.

1. Intercambio iónico.
2. pH, acidez y alcalinidad ^[4].

6.1.1.4 La calidad del suelo:

Mantener y elevar la calidad del suelo, debe ser parte de las tareas diarias del agricultor alternativo, porque de ello depende que se produzcan cosechas sanas y abundantes, los animales se desarrollen sin anomalías y su crecimiento y producción permitan mejorar el nivel de vida del productor.

Para lograr mejorar y mantener la calidad del suelo, algunas prácticas fundamentales son:

1. Mantener el suelo cubierto todo el tiempo, tanto con cultivos, abonos verdes o con cubiertas muertas.
2. No arar ni voltear el suelo, innecesariamente, pues el exponer los materiales enterrados a la acción del aire externo y el sol, destruye la materia orgánica y se mata a los microorganismos benéficos.
3. Trabajar siempre con labranza mínima o nula por las mismas razones anteriores.
4. Siempre hacer cultivos asociados, por ser la única forma de asegurar que los organismos rizosféricos ayuden a mejorar el suelo.
5. Rotar cultivos asociados como estrategia para aumentar productividad.
6. Emplear abonos verdes como cultivos asociados es una práctica de aumentar el contenido de materia orgánica al tiempo con la producción de cosechas.
7. Usar siempre composta de buena calidad.
8. Hacer mezclas de diferentes tipos de composta de buena calidad.
9. Usar bioabonos según los resultados de los análisis de suelos, etc. ^[5]

6.1.2 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánico que se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano, son el producto de la descomposición y transformación de materia vegetal o animal, como desechos domésticos, residuos de cosechas, residuos industriales y estiércoles. Los abonos verdes también se consideran abonos orgánicos ^[10]. Por lo tanto, elaborar abonos orgánicos es una buena alternativa para el manejo adecuado de los desechos vegetales y animales, mal llamados basuras, que resultan de la producción diaria de la finca y que pueden ser muy contaminantes. Los abonos orgánicos facilitan la diversidad de microorganismos y generan un suelo en equilibrio, ayudando a mantener su fuerza y fertilidad; favoreciendo una



nutrición adecuada de las plantas, las cuales son menos susceptibles a las plagas y a las enfermedades. Y así, se elimina la utilización de plaguicidas sintéticos, se obtiene una reducción en los costos de producción y se evita la eliminación de organismos y animales benéficos para el desarrollo de las plantas, la contaminación del ambiente (suelo, agua, aire y alimentos) y por consiguiente muchos riesgos para la salud del hombre ^[10].

El abono orgánico lo puede crear la naturaleza o el ser humano con su trabajo. Esto lo hacen con la ayuda organizada de organismos como: las lombrices, las gallinas ciegas, las hormigas, hongos, bacterias y actinomiceto. Todos participan hasta que los materiales orgánicos quedan convertidos en tierra rica en nutrientes.

Existen cinco ingredientes principales que deben estar presentes en todos los abonos orgánicos:

1. Microbios que están en la tierra fértil.
2. Materiales secos ricos en carbono.
3. Materiales frescos ricos en nitrógeno, como el estiércol.
4. El Agua.
5. El Aire ^[10].

6.1.2.1 Clases de abonos

Los abonos orgánicos dependiendo de su origen pueden dividirse en:

Abonos microbiales: Son micorrizas, lactobacilos, rizobios, azotobácter, levaduras, y trichoderma, entre otros. Uno de los más frecuentemente usados es el composta de bosque ^[4].

Abonos atmosféricos: Están presentes en la atmósfera, que es la principal fuente de sustancias alimenticias para las plantas, de donde estas extraen elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, calcio, magnesio, aminoácidos, hormonas, ácidos, enzimas y quelatos ^[4].

Abonos vegetales: Estos abonos pueden ser composta de superficie (de plantas acompañantes), residuos de cosecha, de plantas sembradas como abonos verdes, de algas mayores, proveniente de las playas ^[4].

Abonos animales: Estos abonos difieren entre si, dependiendo de su preparación:

- * Fermentados anaerobios: Estos generalmente provenientes de los procesos dados en el biodigestor, son el reducto líquido originado de esta fermentación.
- * Lombricomposta: Es el humus (lombrihumus) originado de la digestión que hacen las lombrices de la materia orgánica.
- * Composta aerobios: Provenientes en general, de estiércol animal; a diferencia del fermentado anaeróbico, este tipo de composta se hace en presencia de aire e incluye un saneamiento por golpe de fuego.
- * Purines: En general, hacen referencia a la dilución en agua de estiércol fresco para aplicarlo al suelo, en diluciones y cantidades tales que no propicien la fermentación del estiércol.



- * Harinas: Esta son de tejidos animales, como sangre, huesos y otros, para uso como abonos.
- * Fango acuático: Proveniente del fondo de ríos y lagos, reciben un aporte especial de la fauna y la flora aluviales y se aplica en capas delgadas al suelo.
- * Fermentados a recipiente abierto: Busca estimular el complejo enzimático, a través de la adición de caldos de elementos menores, teniendo presente hacer un balance adecuado de estos para generar así un equilibrio correcto de dichos elementos en el suelo y para las plantas ^[4].

Abonos minerales: Son los abonos que provienen de minería, yacimientos marinos y mantos de origen volcánico, generalmente agregados a la composta. Se incluye la cal, la roca fosfórica, los basaltos, la escoria o calfos, la potasa, entre otros ^[4].

Abono humano: La orina se aplica como purín, previamente fermentada, mientras la materia fecal compostada en letrinas secas se aplica sola o mezclada con materia fecal animal ^[4].

Abonos homeopáticos: Algunos abonos orgánicos se aplican en pequeñas proporciones para energizar volúmenes grandes de otros preparados, o también son el compostaje de cultivos enfermos para propiciar respuestas homeopáticas en dichos cultivos ^[4].

Abono de yacimientos orgánicos: Son turbas o lignitos, los cuales liberan ácidos húmicos y fúlvicos para diluir y aplicar al suelo ^[4].

6.1.2.2 Ventajas de los abonos orgánicos

Ventajas que los agricultores experimentan con la elaboración de los abonos orgánicos:

- 1- Materiales baratos y fáciles de conseguir localmente.
- 2- Fácil de hacer y guardar (apropiación tecnológica por los agricultores).
- 3- Costos bajos, comparado con los precios de los abonos químicos (en Centroamérica la relación es aproximadamente de 1:10 y de 1 hasta 45 para algunos casos donde los campesinos poseen una diversidad de materiales de la propia parcela).
- 4- Su elaboración exige poco tiempo y puede ser planificada y escalonada de acuerdo con las necesidades de los cultivos.
- 5- Elimina factores de riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas.
- 6- Se obtienen resultados a corto plazo y su dinámica permite crear nuevas formas alternativas de elaborarlos.
- 7- No contamina el ambiente.
- 8- Respeta la flora y la fauna.
- 9- Los abonos son más completos, al incorporar a la tierra los macro y micronutrientes necesarios para el crecimiento vigoroso de las plantas ^[10].

Ventajas que los agricultores experimentan con el uso de los abonos orgánicos en su tierra:

- 1- Fáciles de usar.
- 2- Eliminan factores de riesgo para la salud de los trabajadores y consumidores.



- 3- Mejoran gradualmente la fertilidad, la nutrición y la vitalidad de la tierra asociada a su macro y microbiología.
- 4- Pueden significar una fuente adicional de ingresos.
- 5- Si la tierra es dura la hace más suave.
- 6- Si la tierra es arenosa la hace más firme.
- 7- Estimulan el ciclo vegetativo de las plantas.
- 8- Mayor rendimiento del número de plantas por hectárea.
- 9- Son una fuente constante de materia orgánica ^[10].
- 10- Los suelos conservan la humedad y amortiguan mejor los cambios de temperatura, economizando el volumen de agua y numero de riegos por cada cultivo ^[10].
- 11- Reducen el escurrimiento superficial del agua.
- 12- Mejora la permeabilidad de los suelos y su bioestructura.
- 13- Favorecen la colonización del suelo por la macro y la microvida.
- 14- Proveen al suelo de una tasa de humus microbiológico a largo plazo.
- 15- Los nutrientes permanecen por 2 ó 3 años en la parcela.
- 16- Permiten a los agricultores tener mayores opciones económicas y bajar los costos.
- 17- Las plantas cultivadas son sanas y vigorosas y no se enferman fácilmente porque están naturalmente protegidas por el equilibrio nutricional inherente. Aumentan la eficiencia de la absorción nutricional de las plantas, al tener estas un mayor desarrollo en el volumen radicular ^[10].

6.1.2.3 Desventajas de los abonos orgánicos

- 1- La principal desventaja de los abonos orgánicos es que estos liberan gradualmente los nutrientes lo que supone una disponibilidad no tan inmediata de estos para las plantas.
- 2- La utilización de mayor mano de obra para la producción y aplicación de estos ^[10].

6.1.2.4 Importancia de los abonos orgánicos

Importancia económica:

La elaboración y aplicación de abonos orgánicos en la producción agrícola reduce los costos de producción, ya que estos usualmente son preparados con insumos provenientes de las mismas fincas, además tiene un valor agregado debido a la creciente demanda de productos orgánicos. Como ningún país puede satisfacer la demanda de una variedad de alimentos orgánicos producidos dentro de sus fronteras durante todo el año, muchos países en desarrollo han comenzado a exportar con éxito productos orgánicos. Habitualmente las exportaciones orgánicas se venden a sobrepuestos, a menudo hasta un 20 por ciento superior a los de productos idénticos producidos en granjas no orgánicas. Esta rentabilidad de los productos orgánicos en el mercado puede contribuir a la seguridad alimentaria local y a aumentar los ingresos familiares ^[10].

Importancia medio ambiental y sostenibilidad:

Los objetivos económicos no son la única motivación de los agricultores orgánicos, su propósito es por lo general lograr una interacción óptima entre la tierra y las plantas, conservar los nutrientes naturales, los ciclos de energía y potenciar la diversidad biológica



estimulando la proliferación de una vigorosa población de microorganismos, lo cual contribuye a la agricultura sostenible.

En la agricultura orgánica, se le da gran importancia a los abonos orgánicos, y cada vez más se están utilizando en cultivos intensivos. No podemos olvidar la importancia que tiene el mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los nutrientes y al mismo tiempo proteger y conservar la calidad del suelo y el agua ^[10].

6.1.3 Proceso de preparación de la piel para la obtención de cuero

Las operaciones y procesos para la obtención de cuero se agrupan en 3 etapas:

- 1- Etapa de ribera.
- 2- Etapa de curtido.
- 3- Etapa de acabado ^[9].

Cabe mencionar que las muestras sometidas a este estudio corresponden a formulaciones de composta elaboradas con los desechos de la primera etapa del proceso (etapa de ribera), y no a las etapas de curtido y acabado.

6.1.3.1 Etapa de ribera

Comprende aquellas operaciones y procesos que permiten la eliminación del pelo en la piel, en esta etapa se presenta el mayor consumo de agua y su efluente presenta un pH elevado. Las operaciones y procesos que comprende esta etapa son: remojo, pelambre y descarnado ^[9].

Remojo: Consiste en un tratamiento de la piel en bruto (verde salada, seca o con sangre) con agua abundante cuyo objetivo es la desinfección y limpieza de la piel tanto de estiércol, sangre como productos empleados en su conservación: la sal (cloruro de sodio); también llevar la piel al estado de hidratación que tenía el animal vivo, es decir ablandarla y flexibilizarla ^[9].

Pelambre: Las pieles son puestas en un baño de cal hidratada entre un 3-10% durante uno o más días, para acelerar el proceso se agrega sulfuro de sodio. El objetivo principal es separar las fibras de las fibrillas del colágeno y facilitar el descarnado por el hinchamiento de la carne y el otro objetivo es, preparar químicamente la piel para tener una mayor reacción con los curtientes. Además, la presencia de cal y sulfuro de sodio, mantienen un pH aproximado de 11-12 ^[9].

Descarne: Es una operación mecánica que elimina la carnaza y grasas unidas a la piel en estado de tripas, estos residuos presentan gran porcentaje de humedad ^[9]. Los desperdicios que se obtienen en la máquina de descarnar, se conocen como carnazas ^[11].



6.1.3.2 Etapa de curtido

Comprende las operaciones y procesos que preparan la piel para ser curtida (es decir transformarla en cuero), constituyen esta etapa los siguientes procesos: desencalado, piquelado, curtido, escurrido y neutralizado. El consumo de agua no es tan alto como en la etapa de ribera ^[9].

Desencalado: Proceso donde se remueve la cal y el sulfuro de la piel para evitar el hinchamiento alcalino de la piel apelambrada, se puede decir que se trata de una operación de limpieza en conjunto con el rendido, que tiene por objeto dejar la piel libre de sustancias químicas que no sean colagénicas, ya que solamente éstas últimas se transforman en cuero al curtirse ^[11].

Piquelado: En esta etapa se preparan las pieles para la penetración subcuente del material curtiente. Emplea cloruro de sodio que protege la piel de la acción posterior de los ácidos que bajan el pH a niveles de 2.5-3. Los más utilizados son el sulfúrico y el fórmico ^[10]. La acción de la sal común es impedir que la piel se hinche debido a la acidez, lo que retardaría la penetración del ácido ^[11].

Curtido: Proceso por el cual se estabiliza el colágeno de la piel mediante agentes curtientes minerales o vegetales siendo las sales de cromo las más utilizadas ya que el cromo, es altamente versátil, le proporciona a la piel una alta estabilidad hidrotérmica suave al tacto, además de lo relativamente barato y fácil de trabajarlo. La sal empleada es el sulfato básico de cromo $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ ^[9]. La curtición es una reacción química en la que se producen uniones transversales entre las protofibrillas de la piel, que estabilizan su estructura. La curtición consiste en tratar la piel con un producto tánico que se combina con ella. Pero las propiedades físicas y mecánicas de un cuero no dependen sólo de la curtición, sino también de los otros tratamientos químicos y de las diversas operaciones mecánicas que la preceden ^[11].

Ecurrido: El cuero curtido al cromo que ha reposado, contiene entre un 70 y 75% de agua. La cantidad correcta de agua que debe contener el cuero para poder trabajar las siguientes etapas del proceso, es entre 50-55%. Cuando se alcanzan estos últimos porcentajes significa que se ha eliminado la mayor parte del agua contenida en los espacios interfibrilares. El escurrido se realiza haciendo pasar el cuero a través de dos cilindros recubiertos de mangas de fieltro ^[11].

Neutralizado: Se efectúa agregando bicarbonato de sodio o formiato de sodio 0,5 % al cuero curtido, con el fin de disminuir la acidez lo que permite una mayor penetración de los materiales empleados en los procesos posteriores, así como darle homogeneidad de cargas permitiendo de ésta forma una mayor uniformidad de materiales empleados en el recurtido - teñido-engrase. Genera un efluente con pH neutro ^[9].



6.1.3.3 Etapa de acabado

Comprende las operaciones y procesos que le dan al cuero las características que requieren para la confección de diferentes artículos. En esta etapa se procede al recurtido, teñido, ablandado y acabado ^[9].

Rebajado: Esta operación sirve para igualar el espesor de la piel curtida y dejarla definitivamente a un grueso determinado. El rebajado se realiza sobre el cuero escurrido curtido al cromo o al vegetal ^[11].

Recurtido y teñido: Consiste en introducir dentro del cuero curtido al cromo, diversos tipos de taninos, a fin de tener una mayor plenitud, mejorar la capacidad de esmerilado, mejorar el grabado del cuero. Eligiendo adecuadamente la cantidad y tipo de recurtiente se puede influir sobre las características del cuero tales como su capacidad de tintura, tacto y firmeza. Cuando se utilizan cueros de buena calidad que por naturaleza tienen una estructura cerrada, la recurtición puede ser muy ligera. Se emplean diversos tipos de agentes recurtientes como son los productos minerales, extractos vegetales, sintanos y resinas ^[11].

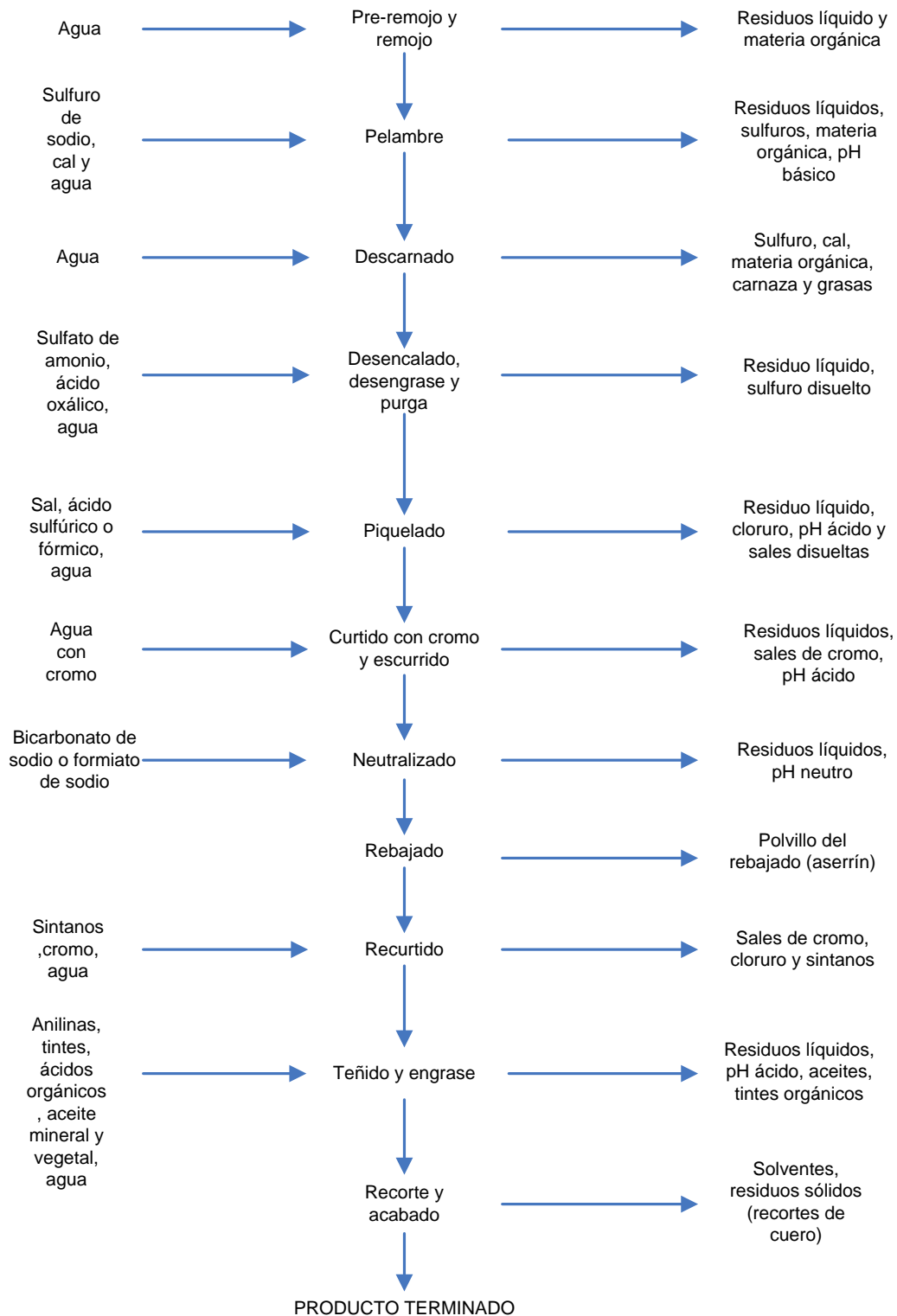
Ablandado: El cuero ya lubricado se pasa por una máquina ablandadora, la cual ablanda la piel para conferirle al cuero flexibilidad ^[9].

Recortes y acabados: Las pieles ya ablandadas y secas deben recortarse para eliminar cualquier parte arrugada o con defectos tales como marcas de pinzas, agujeros, etc. Proporciona a la piel una mejor presentación y facilita el trabajo en las operaciones que le siguen. El recortado de la piel se realiza con tijeras o diversos tipos de cuchillas, existiendo la posibilidad de cortar más de la cuenta. Por ello debe controlarse rigurosamente la cantidad de recorte, puesto que de ello depende el rendimiento económico de la partida ^[11].

A continuación se muestra el flujograma del proceso para la obtención de cuero.



6.1.3.4 Flujograma del proceso para la obtención de cuero^[9]





6.1.4 Alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos

La recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos en insumos útiles para el sector productivo, es una opción con posibilidades en la medida que las alternativas surjan como consecuencia de un diagnóstico objetivo de la problemática ambiental de cada sector. Las alternativas seleccionadas, deben ser adecuadas técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente. Sobre estas bases es posible validar, adecuar y promover tecnologías de alternativa que representen una solución efectiva y ajustada a cada realidad ^[15].

Los elementos naturales siguen en la naturaleza un ciclo circular en el que nada es desaprovechado. Todos los nutrientes (oxígeno, carbono, nitrógeno, hidrógeno, fósforo, etc.), cada uno mediante su ciclo determinado, va cambiando de forma, y pasando de un tipo de elementos a otros siguiendo un ciclo cerrado, sin pérdidas ^[17].

El proceso de compostaje trata de imitar el proceso natural cerrándolo en la fase en la que queda abierto al tratar los desechos de la forma más convencional.

La materia orgánica de las plantas, en la naturaleza sirve de alimento a los animales, los cuales son consumidos por otros animales (por ejemplo, el hombre). Inevitablemente todos los seres vivos producen desechos (producto de su metabolismo, restos de sus presas o ellos mismos al morir), que van al suelo, donde una variedad de microorganismos los degradan gracias a una serie de reacciones de reducción-oxidación, que de manera general pueden ser de fermentación o de putrefacción, dependiendo de si el proceso se produce en presencia o ausencia de oxígeno. Para que las plantas puedan asimilar bien los nutrientes, estos deben ser productos de fermentación. Este proceso, se llama humificación (conversión de la materia orgánica en humus), y es el que nosotros imitamos mediante el compostaje ^[17].

6.1.5 ¿Qué es el compostaje?

El compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "composta", abono excelente para la agricultura. La composta o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. La composta es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

La composta es obtenida de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines, por medio de la reproducción masiva de bacterias aerobias termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar (posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos). Normalmente, se trata de evitar (en lo posible) la putrefacción de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes), aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción por bacterias anaerobias ^[14].

La composta se usa en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo, aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos.



Además de su utilidad directa, la composta implica una solución estratégica y ambientalmente aceptable a la problemática planteada por las grandes concentraciones urbanas (y sus residuos sólidos orgánicos domésticos) y las explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas, cuyos residuos orgánicos deben ser tratados. El compostaje es una tecnología alternativa a otras que no siempre son respetuosas de los recursos naturales y el medio ambiente y que además tienen un costo elevado.

Este compostaje también se usa para degradar hidrocarburos del petróleo y otros compuestos tóxicos y conseguir su reciclaje. Este tipo de utilización es conocida como biorremediación ^[14].

6.1.5.1 Propiedades de la composta

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo ^[2].

6.1.5.2 Las materias primas de la composta

Para la elaboración de la composta se puede emplear cualquier material orgánico, con la condición de que no se encuentre contaminado. Generalmente estas materias primas proceden de:

- **Restos de cosechas.** Pueden emplearse para hacer composta o como acolchado. Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc. son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc. son menos ricos en nitrógeno.
- **Abonos verdes.** Siegas de césped, malas hierbas, etc.
- **Las ramas de poda de los frutales.** Es preciso triturarlas antes de su incorporación a la composta, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- **Hojas.** Pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
- **Restos urbanos.** Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc.
- **Estiércol animal.** Destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, conejina o sirle, estiércol de caballo, de oveja y los purines.



- **Complementos minerales.** Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo ^[2].
- **Plantas marinas.** Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas como Posidonia oceánica, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de composta ya que son compuestos ricos en N, P, C, oligoelementos y biocompuestos cuyo aprovechamiento en agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés.
- **Algas.** También pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos, anti-fúngicos y fertilizantes para la fabricación de composta ^[2].

6.1.5.3 Factores que condicionan el proceso de compostaje

Los factores más importantes son:

- **Temperatura.** Es el parámetro que indica el desarrollo del proceso. Con respecto a la temperatura hay 4 etapas: mesofílica (15-40°C), termofílica (40-70°C), de enfriamiento y de maduración. Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados ^[3].
- **Humedad.** El contenido de humedad ideal para el proceso está en el rango de 45-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60% ^[3].
- **pH.** Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5). El rango ideal debe ser: 5,8-7,2 ^[3].
- **Oxígeno.** El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. Para un óptimo desarrollo de los microorganismos se requiere un 40-60% de aireación ^[3].
- **Relación C/N equilibrada.** El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un composta de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman la composta. Si la relación C/N es



muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener una composta equilibrada. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el serrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero ^[3].

- **Población microbiana.** El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos. Frecuentemente generan calor suficiente para crear condiciones óptimas para el próximo grupo de bacterias llamado mesófilos. Ellos comienzan a asumir la dirección cuando las temperaturas alcanzan 40-45°C ^[3].

6.1.5.4 Proceso de compostaje

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro etapas, atendiendo a la evolución de la temperatura:

- **Mesolítica.** La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH ^[3].
- **Termofílica.** Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas ^[3].
- **De enfriamiento.** Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que invaden nuevamente el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente ^[3].
- **De maduración.** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus ^[3].

6.1.5.5 Fabricación de la composta

Compostaje en montón

Es la técnica más conocida y se basa en la elaboración de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante:

A) Realizar una mezcla correcta



Los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación de la composta es inversamente proporcional al tamaño de los materiales.

Cuando los restos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva del montón lo que perjudica el proceso de compostaje.

Es importante que la relación C/N esté equilibrada, ya que una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de N ocasiona fermentaciones no deseables.

La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y orujos de frutas).

El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos. Mezclaremos, de manera tan homogénea como sea posible, materiales pobres y ricos en nitrógeno, materiales secos y húmedos ^[2].

B) Formar el montón con las proporciones convenientes

El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación y debe estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercalarán, entre los materiales vegetales, algunas capas de suelo fértil.

La ubicación del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación. En zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra durante los meses de verano.

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1.5 metros, con una anchura de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20-30 cm de altura una fina capa de de 2-3 cm de espesor de composta madura o de estiércol para la facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos ^[2].

C) Manejo adecuados del montón

Una vez formado el montón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final de la composta. El montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa por parte de los microorganismos descomponedores. El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60%.

Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas. En general, un mantillo bien elaborado tiene un olor característico.



El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses obtendremos una composta joven pero que puede emplearse semienterrado ^[2].

6.1.5.6 Tipos de compostaje

Composta: Este tipo de compostaje se puede considerar como la mezcla de restos de vegetales y animales con el propósito de acelerar el proceso de descomposición natural de los desechos orgánicos por una diversidad de microorganismos, en un medio húmedo, caliente que da como resultado final un material con calidad fertilizante.

Lombrihumus: Es un tipo de abono que se origina de la asimilación de la materia orgánica por parte de algún tipo de lombriz.

Bocashi: Es un tipo de abono orgánico fermentado, que requiere la mezcla de otros componentes que favorezcan la descomposición de la materia orgánica y a su vez el enriquecimiento del producto final ^[3].

6.1.5.7 Manejo del proceso de compostaje

El proceso de compostaje esta influenciado por las características del sustrato y por los diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos. La calidad de una composta es usualmente determinada por parámetros, los cuales dan una determinación exacta de cada sustancia y los parámetros biológicos los cuales permiten evaluar la estabilidad del producto final ^[3].

6.1.6 Datos generales de la preparación de las clases de composta elaboradas por la señora Eulalia López

La tenería TEFLOZE genera mensualmente una cantidad aproximada de 3.6 toneladas de desechos sólidos, a los que no se les aplica tratamiento alguno. Para llevar a cabo el proceso de compostaje de las 3 formulaciones en estudio, la Sra. López realizó 3 calicatas en las cuales se colocaron capas de los materiales utilizados según su fórmula, cubriéndolas finalmente con una capa delgada de tierra.

A continuación en la tabla N°1 se muestran los datos específicos de cada formulación.



6.1.6.1 Tabla N°1. Información específica de la composta

Clases de composta	Medidas de calicatas	Materiales utilizados	Cantidad de materiales	Tiempo de maduración
Formulación 1	A= 0.5 m ² h= 1 m	Pellejo salado con pelo	80 lb	10 meses
		Hojarascas	8 lb	
		Hierva verde	5 lb	
		Tierra común	12 lb	
Formulación 2	A= 0.5 m ² h= 1 m	Pellejo con cal y Sulfuro de sodio	80 lb	5 meses
		Hojarascas	8 lb	
		Tierra común	12 lb	
Formulación 3	A= 0.5 m ² h= 1 m	Pellejo simple	80 lb	5 meses
		Hojarascas	8 lb	
		Tierra común	12 lb	

*A es el área de cada calicata y h es su profundidad.

6.1.6.2 Los principales aportes de los materiales utilizados en la elaboración de la composta son:

- Pellejo*: Rico en nitrógeno ^[2].
- Pelo de res*: Proteína.
- Tierra común*: Es un homogenizador físico del abono, tiene la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas ^[10].
- Hierva verde*: Aporta nitrógeno ^[2].
- Cal*: Aporta materia mineral e incrementa el valor de pH ^[2].
- Hojarascas*: Aporta carbono ^[2].

6.1.7 Índices de calidad de los abonos orgánicos

Los índices de calidad son la forma de medir ciertas características de los abonos orgánicos para evaluar su manejo y sostenibilidad. La habilidad para identificar las propiedades básicas que sirvan como índices es muy complicada porque hay muchos factores físicos, químicos y biológicos involucrados y las interacciones varían en tiempo, espacio e intensidad. Los principales índices fisicoquímicos de calidad son: pH, Conductividad Eléctrica, Capacidad de Intercambio Catiónico, Potasio, Calcio, Magnesio, Materia Orgánica, Carbono orgánico Total, Nitrógeno Total, ácido húmico, ácido fúlvico, Fósforo, Sulfatos y Saturación de base. De igual manera entre estos índices están los principales nutrientes que las plantas demandan en mayor cantidad para su desarrollo ^[10].

6.1.7.1 pH

El grado de alcalinidad o acidez se mide mediante lo que se conoce como escala de pH. La escala completa de pH va desde 0 hasta 14. Los suelos con pH de 7 son neutros. Los que



tienen valores de pH menores de 7 son ácidos y aquellos que tengan valores mayores de 7 son alcalinos.

El valor de pH en la mayoría de las tierras se encuentra entre 4 y 8. La mayoría de los cultivos, sin embargo, prosperan mejor en tierras con valores de pH entre 6 y 7 ^[21].

Los suelos pueden presentar una reacción ácida, alcalina o neutra. Es muy útil conocer la reacción de los suelos, pues así se determinan las características químicas de los mismos, la disponibilidad de nutrientes para las plantas que allí crecerán y su fertilidad.

La relación entre la cantidad de iones Hidrógeno e hidróxido se conocen con el nombre de acidez relativa. Cuando una solución contiene más iones hidrógeno es ácida; cuando predominan los iones hidróxido, es básica o alcalina. En el suelo la acidez depende de la presencia de hidrógeno y aluminio en forma intercambiable. La acidez activa la conforman los iones de hidrógeno en la solución de suelo; la acidez potencial está constituida por los iones de hidrógeno y aluminio unidos a la superficie de los coloides orgánicos e inorgánicos ^[4].

6.1.7.2 Conductividad Eléctrica

El agua pura es un pobre conductor de electricidad, pero incrementa la conductividad con un mayor contenido de sales en el agua. Por esta razón la conductividad eléctrica del extracto de saturación es un indicador muy útil de la salinidad del suelo. Valores de 0.5 a 6 dS/m pueden afectar el proceso microbiológico, amonificación, nitrificación, desnitrificación y procesos químicos como la volatilización del amonio.

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), se ha adoptado como unidad para expresar la CE los decisiemens por metro (dS/m). Un mohm/cm es igual 1dS/m (1 S/m = ohm/cm). La CE de las soluciones acuosas salinas aumenta a medida que aumenta la temperatura (aproximadamente 2% por cada °C); por lo cual es necesario hacer referencia a una temperatura patrón de 25 °C mediante factores de corrección.

Algunos instrumentos automáticamente hacen la compensación por temperatura y dan una temperatura corregida.

La conductividad eléctrica y el pH son fácilmente medidos en el campo y pueden proveer información de las condiciones del suelo para el crecimiento de las plantas y el ciclo de los nutrientes relacionados con producción de alimentos y fibras. Además, están relacionados con la calidad del agua y aire del medio ambiente ^[10].

6.1.7.3 Capacidad de Intercambio catiónico

El suelo está constituido por pequeñas partículas que poseen carga eléctrica negativa y alrededor de esta se forman verdaderos enjambres de elementos químicos (nutrientes para las plantas), con cargas eléctricas generalmente opuestas que se atraen.

La capacidad de intercambio catiónico, le permite al suelo retener e intercambiar esos elementos, lo cual evita que se pierda manteniendo, de esta manera, la fertilidad.



Estos elementos externos tienden a abandonar las partículas de suelo, arrastrados por el agua hacia el interior del mismo. Estos nutrientes perdidos por lixiviación son reemplazados por el nitrógeno por reacciones químicas en el suelo, lo cual ocasiona que el suelo se torne cada día más ácido. La materia orgánica, mediante la formación de humus, aumenta el intercambio catiónico de los suelos y mejora la fertilidad. En algunos casos es necesario aplicar cal, pero la cantidad debe ser recomendada por el técnico, después de un análisis químico del suelo. La capacidad del suelo de retener cationes se considera la característica más importante de la naturaleza, después de la fotosíntesis. Esta capacidad de intercambio catiónico se mide en el laboratorio y se expresa en unidades denominadas miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo (meq/100 g de suelo).

El importante número de cargas variables de la materia orgánica se pone de manifiesto cuando se determina su capacidad de intercambio catiónico a diversos valores de pH, no solo se produce un notable incremento con el ascenso de pH, sino que para valores de pH cercanos a uno su capacidad se anula. Existe una íntima relación entre el pH y la capacidad de intercambio Catiónico, los cambios de pH del suelo inducidos por el uso son muy frecuentes y ellos son los que afectan de manera indirecta a la capacidad de cambio del suelo. Esta relación se hace más intensa en lo que se refiere al grado de saturación del suelo, como es conocido, pero también el pH influye en la naturaleza de los iones presentes en el complejo de cambio ^[4].

6.1.7.4 Potasio

Es uno de los nutrientes o minerales primarios que junto con el nitrógeno y el fósforo son utilizados en mayor cantidad por las plantas; su presencia:

- 1- Ayuda a la planta a regular su contenido de agua y la hace más resistente a las sequías.
- 2- Ayuda a formar los azúcares, almidón y aceite en la planta; por eso es indispensable fertilizar con potasio los cultivos de caña de azúcar, cereales, tubérculos, plátanos, etc.
- 3- Mejora la producción de las cosechas.
- 4- Ayuda a la planta a formar tallos fuertes y vigorosos.
- 5- Colabora a resistir ataques de hongos ^[4].

Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión K⁺. La cantidad de K en la solución del suelo está en función (controlada por) de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas (micelas) de arcillas. Las formas de incorporación del potasio al suelo son: adición de residuos vegetales, estiércoles, residuos animales sólidos y fertilizantes minerales ^[10].

Deficiencia: Los síntomas de deficiencia de potasio aparecen en las hojas viejas; cuando es extremadamente grave la deficiencia, se manifiesta en toda la planta.

Algunos síntomas generales y más comunes de las plantas cuando falta el potasio se describen a continuación:



- 1- Las hojas maduras presentan un amarillamiento de los bordes, desde amarillo pálido hasta pardo amarillento, mezclado con puntos rojos. Estos bordes van secándose hasta formar un color marrón parduzco.
- 2- En el caso de las plantas de hojas anchas, las hojas muestran tendencia a enroscarse en forma paralela a la nervadura central.
- 3- En las plantas de hojas largas, los síntomas típicos de la deficiencia son:
 - Secamiento de las plantas.
 - Secamiento de las puntas.
 - Secamiento del borde de las hojas más viejas.
 - Secamiento de las hojas más jóvenes.
- 4- En general, la nervadura central siempre permanece verde ^[4].

6.1.7.5 Calcio

Es un nutriente escaso en suelos ácidos ^[4]. El Calcio es absorbido por las plantas en forma del catión Ca^{2+} . Una vez dentro de la planta, el Calcio funciona en varias formas, incluyendo las siguientes:

- 1- Estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas.
- 2- Forma compuestos que son parte de las paredes celulares. Esto fortalece la estructura de la planta.
- 3- Ayuda a reducir el contenido de Nitrato (NO_3^-) en la planta.
- 4- Ayuda a activar varios sistemas de enzimas.
- 5- Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta.
- 6- Influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo (Carbonato de Calcio). Esto reduce la solubilidad y toxicidad del Manganeso, Cobre y Aluminio.
- 7- Influye indirectamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad del Molibdeno y la absorción de otros nutrientes.
- 8- Es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de Nitrógeno ^[10].

Deficiencia:

- 1- La planta presenta hojas pequeñas, deformes: con las puntas encorvadas hacia abajo y los bordes también hacia arriba o hacia abajo.
- 2- Las hojas pueden mostrar áreas o manchas muertas.
- 3- Raíces poco desarrolladas.

En suelos fuertemente ácidos, donde la deficiencia de calcio es elevada, por lo general las plantas muestran síntomas difíciles de clasificar, puesto que son el resultado de deficiencia en varios de los nutrientes ^[4].

6.1.7.6 Magnesio

El Magnesio es absorbido por las plantas como catión Mg^{2+} . Una vez dentro de la planta, cumple muchas funciones como:



- 1- Átomo central de la molécula de clorofila, por lo que esta involucrado activamente en la fotosíntesis.
- 2- Interviene en el metabolismo del fósforo, en la respiración y en la activación de muchos sistemas enzimáticos en las plantas.

Muchos suelos contienen suficiente Magnesio para soportar el crecimiento vegetativo, sin embargo, las deficiencias de Magnesio ocurren con más frecuencia en suelos ácidos sujetos a alta precipitación y en suelos arenosos. Las deficiencias también pueden desarrollarse en suelos calcáreos donde el agua de irrigación tiene contenidos altos de bicarbonatos o en suelos sódicos. La relación entre Mg y K puede ser un factor importante bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, el fertilizar con Potasio reduce la absorción de Magnesio de los forrajes que se utilizan en el pastoreo de ganado, lo que resulta en bajas cantidades de Magnesio en la sangre de los animales dando lugar al desorden conocido como "tetania de los pastos". La hipomagnesemia (tetania de los pastos, mal de los avenales) es un desorden metabólico de los rumiantes, que ocurre en regiones templadas, con clima frío y húmedo, en sistemas de producción que basan la alimentación del ganado en el pasto ^[10].

Deficiencia:

Las principales manifestaciones de deficiencia aparecen en las hojas más viejas y avanzan luego hacia las más jóvenes; los síntomas más notorios son:

- 1- En las hojas, una pérdida del color verde entre las venas y luego un amarillamiento; puede comenzar en la punta y en los bordes de las hojas y luego cubrir los espacios entre las venas.
- 2- Cuando la deficiencia es grave, la hoja puede tornarse amarilla y presentarse secamiento de los bordes de las hojas entre las venas o nervaduras.
- 3- Las hojas más afectadas se marchitan y se caen o caen sin marchitar ^[4].

6.1.7.7 Materia orgánica

La mayoría de los nutrientes (96%) de las plantas provienen del aire: 78% oxígeno, 11% carbono, 7% hidrógeno. La planta se compone de 80% de agua, 18% a 19% de materia seca, y 1% a 2% de minerales. A su vez, el suelo se compone de una masa de minerales, generalmente más de 90%, y de proporciones variables de materia orgánica que constituyen el material realmente estratégico, especialmente en sistemas de producción que se inicien con suelo descubierto (pues en ese momento la única posibilidad de expresión microbiana se localiza en el suelo) ^[4].

La materia orgánica está formada por todos los restos de plantas (tallos, hojas, frutos), animales (estiércol, plumas y cuerpos de macroorganismos) y microorganismos (hongos, bacterias, algas, protozoos) que se encuentran sobre el suelo o enterrados en éste, en todos los estados de descomposición. Cuando toda esta materia se descompone completamente, recibe el nombre de humus, un material de color café oscuro, casi negro, más absorbente que la arcilla.

Además de ser una fuente de nutrientes, la materia orgánica influye sobre algunas propiedades del suelo, como: estructura, porosidad, retención del agua, retención de



caciones intercambiables, población de microorganismos y fijación de fósforo. Es una fracción indispensable para conservar la fertilidad del suelo, dado que mantiene y mejora sus características físicas y químicas.

La materia orgánica, es decir los desechos vegetales y animales, se descompone por acción de microorganismos (hongos, bacterias) y macroorganismos (hormigas, lombrices, gorgojos), que la convierten en compuestos asimilables por las plantas.

En las condiciones del trópico siempre se puede agregar materia orgánica a los suelos, gracias al activo reciclaje de materiales característico de la zona. Esta condición debe respetarse durante todo el tiempo, mediante prácticas cuyo resultado sea el constante aumento de la materia orgánica del suelo ^[5].

Por ejemplo:

- Uso de abonos verdes.
- Mantenimiento de cultivos de cobertura.
- Uso de diferentes tipos de composta.
- Mantenimiento de cubiertas muertas.
- Empleo de preparados biodinámicos ^[5].

Sabemos que la fracción orgánica del suelo esta compuesta por diferentes organismos vivos y sus restos descompuestos, los parcialmente descompuestos y también los que se logran descomponer de forma completa. Podemos decir entonces que la materia orgánica se refiere específicamente a los componentes vivos del suelo, que son una mezcla heterogénea compuesta de un gran número de productos que se obtienen de las importantes y diversas transformaciones químicas y biológicas de los desechos orgánicos. La materia orgánica es de vital importancia ya que mejora la absorción del agua, el contenido del aire, disminuye el escurrimiento artificial, facilita el laboreo y desarrollo radicular. También por medio de ella se puede aumentar la CIC y resistencia de los suelos a los cambios de PH. Consideramos a la materia orgánica importante en las transformaciones que realizan los organismos del suelo. Estas transformaciones son conocidas en conjunto como *proceso de humificación* que da origen a la formación del humus, una mezcla de sustancias que posee resistencia al ataque de microorganismos. La materia orgánica se puede clasificar en 2 grupos: Materia orgánica fresca o lábil, formada por residuos orgánicos pocos transformados, que pueden separarse del suelo por medios mecánicos; y materia orgánica transformada o estable, formada por productos resultantes de una descomposición avanzada de los residuos orgánicos y de síntesis microbiana. Incluye dos subgrupos: sustancias no húmicas y sustancias húmicas ^[3].

Humus: Es la sustancia compuesta por productos orgánicos, de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica. Los elementos orgánicos que componen el humus son muy estables, es decir, su grado de descomposición es tan elevado que ya no se descomponen más y no sufren transformaciones considerables ^[13].



Cuando la materia orgánica en descomposición ha terminado con la parte más activa de la primera fase de fermentación, esta aún no está totalmente descompuesta, porque todavía queda la materia orgánica vegetal residual, a la que se le ha dado el nombre más común de humus. El humus es una sustancia orgánica compleja, de composición variable, cuyo papel es preponderante en la fertilidad del suelo, funciona como despensa y actúa como cimiento del mismo. Le confiere a la tierra una estructura favorable que beneficia al crecimiento de las plantas; permite su aireación, drenaje y mantiene una humedad regular.

Los microorganismos no son los únicos que intervienen en la síntesis del humus ^[1].

Como toda materia orgánica, el humus puede degradarse y mineralizarse (transformarse en sustancias minerales), por vía biológica. Sin embargo, es mucho más resistente y estable que otros materiales orgánicos frescos. El equilibrio entre la formación y la mineralización del humus en los climas tropicales depende de la temperatura, la cobertura, la humedad de los suelos y principalmente del buen manejo que le demos ^[1].

Tipos de humus: Existen dos clases de humus, el humus viejo y el humus joven.

Humus viejo: Debido a un periodo largo de tiempo transcurrido, es muy descompuesto, tiene un tono entre morado y rojizo; algunas sustancias húmicas características de este tipo de humus son las huminas y los ácidos húmicos. Las huminas son moléculas de un peso molecular considerable y se forman por entrelazamiento de los ácidos húmicos, al ser aisladas tienen la apariencia de plastilina. Los ácidos húmicos son compuestos de un peso molecular menor y al igual que las huminas poseen una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), característica importante en la nutrición vegetal. El humus viejo solo influye físicamente en los suelos. Retiene el agua e impide la erosión, sirviendo también como lugar de almacenamiento de sustancias nutritivas ^[13].

Humus joven: Es el que tiene las características del recién formado, posee un menor grado de polimerización y está compuesto por ácidos húmicos y fúlvicos. Los ácidos húmicos se forman por polimerización de los ácidos fúlvicos, estos últimos se forman a partir de la descomposición de la lignina. Una de las principales fuentes de humus se encuentra en minas de leonarditas y bernarditas. No obstante, existen fuentes totalmente orgánicas como lo son el humus de lombriz, el humus de termitas, el humus de cucarrón, entre otros, que además de aportar sustancias húmicas es mucho más rico en microorganismos y elementos nutricionales y son más aceptados en la agricultura orgánica y ecológica ^[13].

Influencia física del humus:

- a. Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- b. Da consistencia a los suelos ligeros y a los compactos; en suelos arenosos compacta mientras que en suelos arcillosos tiene un efecto de dispersión.
- c. Hace más sencillo labrar la tierra, por el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.
- d. Evita la formación de costras, y de la compactación.
- e. Ayuda a la retención de agua y al drenado de la misma.
- f. Incrementa la porosidad del suelo ^[13].



Influencia química del humus:

1. Regula la nutrición vegetal.
2. Mejora el intercambio de iones.
3. Mejora la asimilación de abonos minerales.
4. Ayuda con el proceso del potasio y el fósforo en el suelo.
5. Produce gas carbónico que mejora la solubilidad de los minerales.
6. Aporta productos nitrogenados al suelo degradado ^[13].

Influencia biológica del humus:

1. Aporta microorganismos útiles al suelo.
2. Sirve a su vez de soporte y alimento de los microorganismos.
3. No tiene semillas perjudiciales (Ej. malas hierbas) por la temperatura que alcanza durante la fermentación.
4. Mejora la resistencia de las plantas ^[13].

Composición del humus

El humus está formado por una gran cantidad de distintos constituyentes, muchos de los cuales están presentes en los tejidos biológicos de los que derivan. En su composición pueden separarse en dos grandes grupos de sustancias:

- a) **Sustancias no húmicas:** Fundamentalmente aminoácidos, carbohidratos y lípido (de bajo peso molecular) ^[3].
- b) **Sustancias húmicas:** Conjunto de sustancias de alto peso molecular, de color oscuro, formadas por reacciones secundarias de resíntesis en las que intervienen algunos de los productos de descomposición. Es importante mencionar que ambos grupos no son fáciles de separar, ya que algunas de las sustancias no húmicas son absorbidas por las sustancias húmicas; o incluso pueden estar unidas a estas por enlaces covalentes, esto último es mas frecuente en el caso de los carbohidratos. Es el resultado del proceso de degradación y descomposición hasta los componentes elementales de las proteínas, carbohidratos y otros elementos en el proceso de mineralización. Los productos resultantes pueden ser objeto de resíntesis y polimerización dando lugar a nuevos agregados llamados ácidos húmicos. La composición elemental de las sustancias húmicas: *Ácidos fúlvicos*: 44-49% carbono, 3.5-5% hidrogeno, 2-4% nitrógeno. *Ácidos húmicos*: 52-62% carbono y 3.5-5% nitrógeno ^[3].

Principales sustancias húmicas:

- **Huminas:** Fracción de las sustancias húmicas que es insoluble en agua o cualquier pH.
- **Ácidos húmicos:** Fracción de las sustancias húmicas que es insoluble en ácidos, pero soluble a pH más elevado (ricos en carbono).
- **Ácidos fúlvicos:** Fracción que es soluble en cualquier pH (ricos en nitrógeno) ^[3].



Características de las sustancias húmicas

Las sustancias húmicas se caracterizan por tener una estructura química compleja y amorfa, de carácter ácido, color oscuro y alto peso molecular. Se consideran que están formadas por un esqueleto fundamentalmente aromático a base de heterociclos nitrogenados, quinonas, fenoles y ácidos benzoicos con cadenas alifáticas laterales ^[3].

Funciones de las sustancias húmicas

Los compuestos húmicos contienen grupos funcionales ácidos, por lo que intervienen en las reacciones de intercambio catiónico; así pues la presencia de humus aumenta la capacidad de intercambio catiónico de un suelo o de un sustrato. Las sustancias húmicas interactúan con las arcillas del suelo y estabilizan los agregados del suelo, previniendo la erosión ^[3]. Las sustancias húmicas, además, tienen un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas puesto que forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, cinc y cobre, contribuyendo además a mejorar la absorción por las plantas del N, P, K, Ca y Mg. Los efectos beneficiosos de las sustancias húmicas en el crecimiento vegetal son obvios. Las aplicaciones de sustancias húmicas a suelos pobres en arcillas y materia orgánica o soluciones nutritivas, producen un mayor crecimiento en las plantas, ello atribuyéndose principalmente a su capacidad de mejorar la absorción de los distintos nutrientes ^[3].

Sustancias húmicas: mineralización y humificación.

A pesar de grandes esfuerzos desde hace más de un siglo, los intentos de analizar la estructura química de sustancias húmicas, han rendido hasta ahora solamente resultados hipotéticos. Aún con el avance de la investigación, es poco probable que se halle un modelo químico único para sustancias húmicas, porque se trata de estructuras altamente heterogéneas. Algunos autores piensan por eso que los esfuerzos en este sentido son en vano: si se lograra aclarar la estructura de una partícula húmica, el resultado no tendría valor, por que una partícula vecina del mismo grupo de sustancias tendría una forma diferente. Hasta ahora, no existe ni siquiera un acuerdo sobre la pregunta si sustancias húmicas son macromoléculas muy complejas, o más bien constituyen alguna forma de asociación inestable entre moléculas de tamaño relativamente pequeño, o si diferentes suelos, se caracterizan por diferentes formas de agregación ^[7].

Una de las características sobresalientes de las sustancias húmicas es su persistencia en el suelo. Compuestos como lignina, ceras o taninos, si bien son de difícil descomposición, terminan mineralizándose al cabo de pocos años. Ácidos húmicos, en cambio, pueden llegar a una edad de alrededor de mil años, en casos extremos mucho más. Su estabilidad se debe, entre otros, a la heterogeneidad de su estructura química, la cual implica que se requiera una multitud diferente para su descomposición.

Igual que la composición química de las sustancias húmicas, permanecen hipotéticas las teorías sobre su formación. El punto de partida son compuestos vegetales que se originan de hojas caídas, plantas enteras, o de los rastrojos que quedan después de la cosecha. Una parte de estos productos vegetales es consumida por animales, cuyas heces regresan al suelo, otra parte se descompone directamente o se transforma en sustancias húmicas. Algunos de estos procesos son reacciones químicas sin participación de organismos muchas veces catalizadas por enzimas del suelo, mientras en la mayoría de los casos intervienen microorganismos. Existen acuerdos entre los especialistas de que la lignina, un compuesto



vegetal que estabiliza y protege las paredes celulares de las plantas, juega un papel especial en la formación de sustancias húmicas, porque sus moléculas o fracciones de ellas pueden pasar a formar parte de esta última sin necesidad de descomposición o transformación previa. Se cree que la investigación sobre la formación de sustancias húmicas es tan inútil como el intento de descubrir su estructura química, porque estos procesos se asemejan a un “caos químico”^[7].

La descomposición de la materia orgánica se llama “mineralización”, la formación de sustancias húmicas “humificación.” La predominancia de uno u otro de estos procesos depende de muchos factores. La fauna del suelo (lombrices, colémbolas, etc.) pueden fomentar tanto la humificación como la mineralización. El contenido de materia orgánica de un suelo, es el resultado del balance entre humificación y mineralización por un lado y de la productividad del ecosistema por otro: cuanto más productivo es un sistema, tantos más desechos vegetales quedan en el suelo^[7].

Formación de sustancias húmicas en el ambiente.

Las sustancias húmicas son la fracción más estable de la materia orgánica de los suelos y puede persistir por miles de años. Se originan de la degradación microbiana de biomoléculas de plantas (y posiblemente también de animales), por ejemplo lignina, dispersados en el ambiente luego de la muerte de las células. La materia húmica es una estructura supramolecular de moléculas bioorgánicas de tamaño relativamente pequeño (con una masa molecular <1000) que se autoensambla principalmente mediante interacciones débiles tales como las fuerzas de Van der Waals, π - π , e interacciones CH- π , aparentemente en estructuras de gran tamaño. Su color oscuro se debe, parcialmente, a estructuras quinoides y parcialmente a la absorción aumentada de la luz por cromóforos asociados^[12].

6.1.7.8 Nitrógeno

Es uno de los nutrientes más importantes para las plantas, pero a la vez uno de los limitantes en el suelo; es fundamental para formar los órganos vegetativos y de reproducción de las plantas, fomenta el crecimiento rápido y aumenta el contenido de proteínas en los granos; sin el nitrógeno no se puede concebir la vida vegetal^[4].

El nitrógeno, más que cualquier elemento facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro de las plantas. Las plantas necesitan mucha cantidad de nitrógeno porque forma parte de muchos compuestos importantes, incluyendo la proteína y la clorofila. Las plantas que reciben el nitrógeno adecuado tienen un crecimiento vigoroso, unas hojas grandes y largos entrenudos de tallo. Las plantas producen grandes cantidades de clorofila, un pigmento verde oscuro. El contenido de proteína del tejido de la planta estará a pleno rendimiento. Un contenido de proteína más alto hace que la planta sea una fuente mejor de forraje, alimentación y nutrición humana^[10].

Deficiencias: Cuando el suelo tiene un contenido bajo de nitrógeno, la planta puede presentar los siguientes síntomas:

- 1- Pérdida uniforme del color verde del follaje.
- 2- Las hojas nuevas alcanzan tamaños pequeños y color amarillentos.



- 3- En cultivos perennes como el café, caída de las hojas empezando por las más viejas.
- 4- Crecimiento lento y raquítico.
- 5- Cuando la deficiencia es grave, disminuye considerablemente la floración y, por tanto, la cosecha.
- 6- En cereales, un deficiente desarrollo aéreo de la planta; los tallos pueden presentar una coloración rojiza o púrpura y las espigas un tamaño pequeño ^[4].

Exceso: Cuando hay exceso de nitrógeno, también se presentan problemas:

- 1- Las plantas crecen demasiado rápido.
- 2- Los tallos toman una consistencia blanca que los hace frágiles y se caen con facilidad.
- 3- Todas las estructuras están más propensas a enfermarse.
- 4- Hay desproporción en el crecimiento de las raíces, que es más lento, y el crecimiento del tallo más rápido. Por ello, puede presentarse volcamiento de la planta. Por lo general, las hojas toman un color verde oscuro. Popularmente cuando se presenta este fenómeno, se dice que la planta se va en vicio y no produce nada; este fenómeno se da en suelos con contenidos muy altos de materia orgánica ^[4].

6.1.7.9 Carbono Orgánico Total

El carbono es el principal elemento presente en la materia orgánica, comprendiendo desde el 48-58% del peso total. Por eso las determinaciones de carbono son usadas a menudo como un estimado básico de la materia orgánica. El carbono orgánico esta contenido en la fracción orgánica del suelo la cual consiste en células de microorganismos, residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, “humus” estable sintetizado de los residuos y compuestos altamente carbonizados tales como grafito y antracita. El carbono orgánico es un indicador de la calidad de la fertilidad y estabilidad de los agregados de la materia orgánica ^[10].

6.1.7.10 Ácidos húmicos

Los ácidos húmicos son unos de los principales componentes de las sustancias húmicas, las cuales son los constituyentes principales del humus, materia orgánica del suelo. Contribuyen a la calidad fisicoquímicas del mismo y también son precursores de combustibles fósiles.

Definición: Las sustancias húmicas son una parte importante de materia oscura del humus y consisten en mezclas heterogéneas de moléculas de pequeño tamaño que se forman a partir de la transformación biológica de células muertas y se asocian mutuamente en estructuras supramoleculares, que pueden separarse en sus componentes de menor tamaño por fraccionamiento químico. Las moléculas húmicas se asocian entre ellas en conformaciones supramoleculares mediante interacciones hidrofóbicas débiles a pH alcalino o neutro y también mediante puentes de hidrógeno a pH bajos.

Desde fines del siglo XVIII, a las sustancias húmicas se las clasificó como ácidos húmicos, ácidos fúlvicos o huminas. Estas fracciones se definen basándose estrictamente en su solubilidad ya sea en ácido o álcali, describiendo estos materiales operacionalmente y por



lo tanto impartiendo poca información química acerca de los materiales extraídos. El termino ‘sustancias húmicas’ se utiliza en un sentido general para distinguirlo los materiales extraídos que son llamados ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales son definidos “operacionalmente” basándose en sus solubilidades en soluciones de ácidos o álcalis. Es importante destacar que no existen límites definidos entre los ácidos húmicos, fúlvicos y las huminas. Todos ellos son parte de un sistema supramolecular extremadamente heterogéneo y las diferencias entre estas subdivisiones son debidas a variaciones en la acidez, grado de hidrofobicidad (contenido de restos aromáticos y alquílicos de cadena larga) y la auto asociación de moléculas por efectos entrópicos ^[12].

6.1.7.11 Ácidos fúlvicos

Son parte del complejo de compuestos orgánicos del suelo, de naturaleza muy particular y distinta a la de cualquier sustancia vegetal. En términos generales, es posible considerar estos ácidos como los representantes “menos maduros” del grupo de los ácidos húmicos. Respecto a los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos poseen un porcentaje de carbono significativamente más bajo y el de hidrógeno es superior al de los ácidos húmicos. Es la fracción soluble en cualquier pH, ricos en nitrógeno.

6.1.7.12 Fósforo

Requerido por las plantas especialmente para el proceso de producción de energía, el fósforo ayuda al buen crecimiento de las mismas; favorece la formación de raíces fuertes y abundantes; contribuye a la formación y maduración de las frutas; es indispensable para la formación de las semillas. Es uno de los nutrientes más escasos ^[4].

Las plantas absorben únicamente el fósforo que esta en la solución del suelo en forma de HPO_4^{2-} (ión fosfato monoácido) y $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe de transformarse primero en esas especies (formas químicas) antes de ser utilizado por el cultivo. La máxima disponibilidad del fósforo se encuentra a pH 6.5, aunque el rango de 6.0-7.0 es satisfactorio para la mayoría de las cosechas ^[10].

El contenido de fósforo en el laboratorio se mide en partes por millón, y así se registra en los análisis de suelo. En general, un contenido de fósforo por debajo de 40.0 ppm se considera bajo ^[4].

Deficiencias: La manifestaciones de deficiencia de fósforo son similares a las carencias de nitrógeno.

- 1- Crecimiento lento.
- 2- Las hojas se endurecen y toman un color verde azulado y algunas veces color púrpura.
- 3- Hojas pequeñas y se caen prematuramente, iniciando por las mas viejas.
- 4- Producción muy baja, porque se disminuye la floración.
- 5- Los bordes de las hojas pueden mostrar quemazón, algunas veces de color pardo.
- 6- Baja formación de fruto ^[4].



6.1.7.13 Azufre (SO_4^{-2})

El azufre es absorbido por la planta casi exclusivamente en forma de SO_4^{-2} a través de su sistema radicular. En pequeñas cantidades puede ser absorbido del suelo como SO_3^{-2} y de la atmósfera como dióxido de azufre, por las hojas, a través de los estomas.

Como en el caso del nitrógeno, la mayor parte del SO_4^{-2} absorbido se reduce en la planta a compuesto sulfhídrico (-SH), y así, en este estado se integra en los compuestos orgánicos. Sólo una pequeña parte se incorpora sin ningún cambio redox, y como tal ión inorgánico contribuye a la regulación osmótica celular.

El azufre reducido puede ser reoxidado a SO_4^{-2} y permanecer en las plantas como reserva. Bajo esta forma se halla distribuido con bastante regularidad en todas las partes vitales: raíces, tallos, hojas, etc. ^[8]

Deficiencia:

La deficiencia de azufre en la planta presenta una notable similitud con la del nitrógeno; retraso en el crecimiento, clorosis uniforme de la hojas y tendencia a formar gradualmente coloración bronceada con necrosis en las puntas.

La deficiencia provoca asimismo, en la mayoría de los casos, una elevada acumulación de almidón, sacarosa y nitrógeno; en cambio, los azúcares reductores suelen encontrarse en cantidades inferiores a la normal ^[8].

6.1.7.14 Saturación de bases

Es una propiedad importante de los suelos y se define como el porcentaje de la capacidad de cambio catiónico total ocupada por cationes alcalinos como el calcio, magnesio, sodio y potasio. La saturación de bases está relacionada con el pH y la fertilidad del suelo, a mayor pH y mayor fertilidad de un suelo mayor es el grado de saturación de bases. A mayor grado de saturación de bases es mayor la facilidad con que los cationes son absorbidos por las plantas ^[17].

6.1.8 Calidad de la composta ^[2]

En la siguiente tabla N°2 se presentan los valores de referencia de índices de calidad de composta, proporcionados por estudios ya realizados.

Tabla N°2. Valores de índices de calidad de composta

pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	CE
	(%)			(mg/100g)			$\mu\text{S/cm}$
8.81	11.1	1.34	0.80	959.5	1193.9	507	1720



6.2 MARCO CONCEPTUAL

Abonos homeopáticos: Abonos en los que se utiliza la pseudociencia de medicina alternativa, caracterizada por el uso de remedios carentes de ingredientes químicamente activos.

Acido húmico: Conjunto de aportes orgánicos incorporados al suelo, cuya transformación da lugar a la formación del humus.

Ácido fúlvico: Producto de la descomposición avanzada de la materia orgánica. Se consideran un estado previo a los ácidos húmicos. **Actinomiceto:** Microorganismos unicelulares, muy abundantes en el suelo, aguas estancadas, estiércoles y, en general en lugares donde los restos vegetales se descomponen aeróbicamente.

Aluviales: Suelos de origen fluvial, poco evolucionados aunque profundos.

Alifáticos: Son compuestos orgánicos constituidos por carbono e hidrógeno, en los cuales los átomos de carbono forman cadenas abiertas.

Amorfo: Es una de las estructuras que pueden adoptar los materiales en estado sólido.

Colémbolas: Bichos blancos menos pequeños que los ácaros.

Atomizar: Dividir un líquido o un sólido en partes sumamente pequeñas.

Azotobácter: Tipo de abono microbial.

Basalto: Es una roca ígnea volcánica, con un alto contenido de hierro.

Biodigestor: Es un contenedor cerrado, hermético e impermeable dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar.

Calcáreos: Esponjas cuyo esqueleto mineral está compuesto por espículas de carbonato cálcico (CaCO_3) cristalizado en forma de calcita o aragonito. Se cree son el grupo más primitivo de esponjas.

Caldos: En agua uno o varios ingredientes.

Calfos: Nombre comercial de un preparado harina de huesos, es decir, de fosfato de calcio que se utiliza como fuente de calcio y fosfato en los alimentos.

Calicata: Son excavaciones de profundidad pequeña a media.

Clorofila: Son una familia de pigmentos que se encuentran en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos en sus células, lo que incluye a las plantas.



Clorosis: Es una condición fisiológica anormal en la que follaje produce insuficiente clorofila. Cuando esto ocurre, las hojas no tienen la coloración normal verde.

Composta: Es el resultado del proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo.

Cucarrón: Es un insecto barrenador que hace galerías en los tallos de la caña, especialmente en cultivos entre 2 y 7 meses.

Densidad aparente: Es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo.

Fanerógamas: Plantas superiores constituyen un grupo de vegetales bastante homogéneo, caracterizado por una organización externa.

Hemicelulosa: Son heteropolisacáridos, forma parte de las paredes de las diferentes células de los tejidos vegetales.

Heterociclos: Son compuestos químicos orgánicos cíclicos en los que hay al menos un átomo distinto de carbono formando parte de la estructura cíclica.

Hidrofóbicas: Sustancia no miscible con el agua.

Lactobacilo: Bacteria del ácido láctico, es un género de bacterias Gram positivas anaerobias facultativas.

Leguminosas: Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas.

Lignina: Polímero presente en las paredes celulares de organismos del Reino Plantae; significa madera.

Litogénesis: Conjunto de procesos que intervienen en la formación de rocas.

Lixiviación: Es un proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.

Macronutrientes: Nutrientes que suministran la mayor parte de la energía metabólica del organismo.

Mesolítica: Primera fase del proceso de compostaje de temperatura moderada.

Metalúrgica: Técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos hasta los no metálicos.

Micelas: Conglomerado de moléculas que constituye una de las fases de los coloides. Es el mecanismo por el cual el jabón solubiliza las moléculas insolubles en agua, como las grasas.



Micorrizas: Son la asociación entre raíces de una planta y el micelio de un hongo.

Micronutrientes: Sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis.

Microorganismos: Es un ser vivo que sólo puede visualizarse con el microscopio.

Monocromática: Es aquella luz que está formada por componentes de un solo color.

Necrosis: Es la muerte patológica de un conjunto de células o de cualquier tejido del organismo, provocada por un agente nocivo que causa una lesión tan grave que no se puede reparar o curar.

Nervaduras: Es la distribución de los nervios que componen el tejido vascular de la hoja de una planta.

Oligoelementos: Son bioelementos presentes en pequeñas cantidades en los seres vivos.

Orujo: Bebida alcohólica de fruta.

Pedogénesis: Proceso por el cual se crea suelo.

Pila: Conjunto de cosas colocadas unas sobre otras. Montón, gran cantidad.

Polimerización: Proceso químico por el que los reactivos monómeros se agrupan químicamente entre sí.

Posidonia oceánica: Es una planta acuática perteneciente a la familia de las *Posidoniaceae*. Tiene características similares a las plantas terrestres, forma praderas submarinas que tienen una notable importancia ecológica.

Protozoos: Son organismos microscópicos, unicelulares.

Quelatos: Es una sustancia que forma complejos con iones de metales pesados.

Química supramolecular: Es la rama de la química que estudia las interacciones entre moléculas.

Radicular: Perteneciente o relativo a las raíces.

Rizobios: Son bacterias del perfil de suelo que fijan nitrógeno diazotrófico.

Rizosféricos: Microorganismos promotores del crecimiento vegetal.

Sirle: Excremento de ganado lanar y cabrío.



Suelo de turba: Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron.

Sustrato: Todo tipo de material orgánico o inorgánico que encerrado en un contenedor sirve de soporte físico para el cultivo de una planta y que en su condición de materia puede o no aportar nutrientes.

Tamiz: Utensilio que se usa para separar las partes finas de las gruesas de algunas cosas y que está formado por una tela metálica o rejilla tupida que está sujeta a un aro.

Termófilas: Organismos vivos que pueden soportar condiciones extremas de temperatura relativamente altas.

Termofílica: Segunda fase del proceso de compostaje de alta temperatura.

Trapezoidal: Es un polígono cuadrilátero tal que ninguno de sus cuatro lados es paralelo a otro.

Trichoderma: Es un hongo que frecuentemente se encuentra sobre madera y tejidos vegetales en descomposición.

6.3 MARCO ESPACIAL

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de suelo, perteneciente al Departamento de Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología UNAN-León, los métodos utilizados son los empleados por dicho laboratorio.

6.4 MARCO TEMPORAL

La parte experimental de esta investigación, se realizó en el período de Junio 2010-Marzo 2011.



V. FORMULACION DE LA HIPOTESIS

7.1 Hipótesis

Una composta elaborada con desechos sólidos generados en la etapa de ribera del proceso de curtido de pieles, aporta los nutrientes necesarios al suelo agrícola.

7.2 Variables de la Hipótesis

Variable	Definiciones Conceptuales	Definiciones Operacionales
Composta	Es el resultado del proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo.	Construcción de una pila formada por diferentes materias primas, y como elemento principal, desechos cárnicos, por un determinado período.
Formulaciones de la composta	Composta de pellejo salado con pelo. Composta de pellejo con cal y sulfuro de sodio. Composta de pellejo simple.	Comparar los resultados de los análisis realizados a cada formulación de composta.
Índices de calidad de la composta	Los índices de calidad son una forma de medir ciertas características de los abonos orgánicos para evaluar su manejo y sostenibilidad.	Determinar los índices de calidad: pH, CE, CIC, K, Ca, Mg, MO, NT, COT, AH, AF, P, SO_4^{-2} , V.

VIII. METODOLOGIA

8.1 TIPO DE ESTUDIO

Experimental.

8.2 METODO DE INVESTIGACION

El presente trabajo es de carácter cuantitativo, ya que se determinaron los índices de calidad de la composta elaborada con desechos sólidos de la tenería TEFLOZE.

8.3 METODOS Y TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION

8.3.1 METODOS

A continuación se mencionan los métodos y técnicas dispuestas en la parte experimental del tema desarrollado.



Tabla N°3. Métodos y técnicas utilizados en el análisis de la composta.

Índices de calidad	Método	Técnica
pH	Potenciométrico	Potenciometría
CE	Conductimétrico	Conductimetría
CIC	Harada e Inoko	Volumetría
Potasio (K_2O)	Calcinación	Espectrometría EA
Calcio (CaO)	Calcinación	Volumetría
Magnesio (MgO)	Calcinación	Volumetría
Materia Orgánica (MO)	Matemático	Calcinación
Nitrógeno Total (NT)	Digestión húmeda	Volumetría
Carbono Orgánico Total	I. V. Tiurin	Volumetría
Ácidos Húmicos (AH)	Kononova y Belchicova	Volumetría
Ácidos Fúlvicos (AF)	Diferencia de AH	Volumetría
Fósforo (P_2O_5)	Vanado-Molibdato	Espectrometría AM
Sulfatos (SO_4^{-2})	Turbidimétrico	Espectrometría AM
Saturación de base (V)	Matemático	Calculado

*Abreviaturas: AM = Absorción molecular; EA = Emisión atómica

Técnica de Espectroscopia ultravioleta visible:

La espectroscopia ultravioleta-visible o espectrofotometría ultravioleta-visible (UV/VIS) es una espectroscopia de fotones y una espectrofotometría. Utiliza radiación electromagnética (luz) de las regiones visible, ultravioleta cercana (UV) e infrarroja cercana (NIR) del espectro electromagnético. La radiación absorbida por las moléculas desde esta región del espectro provoca transiciones electrónicas que pueden ser cuantificadas. La espectroscopia UV-visible se utiliza para identificar algunos grupos funcionales de moléculas, y además, para determinar el contenido y fuerza de una sustancia. Se utiliza de manera general en la determinación cuantitativa de los componentes de soluciones de iones de metales de transición y compuestos orgánicos altamente conjugados. El principio de la espectroscopia ultravioleta-visible involucra la absorción de radiación ultravioleta – visible por una molécula, causando la promoción de un electrón de un estado basal a un estado excitado, liberándose el exceso de energía en forma de calor. La longitud de onda (λ) comprende entre 190 y 800 nm^[18].

Espectrometría de Emisión Atómica:

Es la absorción, emisión y/o fluorescencia de radiación electromagnética por las partículas atómicas.

Los componentes de la muestra deben convertirse en átomos o iones en estado gaseoso, que pueden determinarse mediante medios espectrales de emisión, absorción, fluorescencia o masa: Atomización^[19].

8.4 MATERIALES Y EQUIPOS

Medición de pH:

Balanza analítica, papel para pesar, espátula, tubos de extracción, gradilla, pizeta, Potenciómetro, papel Kleenex, beaker de 250 ml.



Medición de la Conductividad Eléctrica (CE):

Balanza analítica, papel para pesar, espátula, tubos de extracción, gradilla, agitador automático, pizeta, Conductímetro, papel toalla, beaker de 250 ml.

Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):

Balanza analítica, embudos para CIC, vasos colectores, gradilla para embudos de CIC, papel filtro, bombilla de aire, pipeta automática de volumen gradual, erlenmeyer de 100 ml, gotero, bureta digital de 50 ml clase A.

Determinación de Potasio (K_2O):

Tubos de ensayo, gradilla, goteros, beaker de 50 ml, micropipetas de 1 ml Fotómetro de llama (marca FHK).

Determinación de Calcio (CaO), Magnesio (MgO):

Pipeta volumétrica 10 ml, Erlenmeyer 100 ml, gotero, bureta 50 ml, espátula, pizeta, probeta 100 ml, soporte.

Determinación de Materia Orgánica (MO):

Balanza analítica, papel para pesar, espátula, crisoles, horno, pinza, desecador.

Determinación de Nitrógeno Total (NT):

Balanza analítica, papel para pesar, espátula, tubos Kjeldahl, digestor Kjeldahl, vitrina extractora de gases, matraces erlenmeyer de 100 ml, goteros, cronómetros, pipeta automática de volumen gradual y fijo, beaker de 50 ml, destilador Kjeldahl.

Determinación del Carbono Orgánico total (COT):

Balanza analítica, papel para pesar, espátula, tubos Kjeldahl, gradilla para tubos Kjeldahl, digestor Kjeldahl, matraces de 250 ml, erlenmeyer de 500 ml, pipeta de 10 ml, probeta de 250 ml, bureta de 10 ml, soporte, agitador magnético, magneto.

Determinación de ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF):

Balanza analítica, papel para pesar, espátula, matraz 250 ml, embudos, probeta 100 ml, papel filtro, Pizeta, matraz 100 ml, gotero, tubos Kjeldahl, gradilla para tubos Kjeldahl, digestor Kjeldahl, matraces de 250 ml, erlenmeyer de 500 ml, pipeta de 10 y 50 ml, probeta de 250 ml, bureta de 10 ml, soporte, varilla de vidrio, papel parafilm.

Determinación de Fósforo (P_2O_5):

Balanza analítica, horno, crisol, matraces erlenmeyer de 100 ml y 250 ml, tubos de ensayo, gradilla, pipetas automáticas de volumen gradual y fijo, cronómetros, espectrómetro UV-VIS (Lambda 45 marca Perkin Elmer), celdas de cuarzo.

Determinación de Sulfatos (SO_4^{-2}):

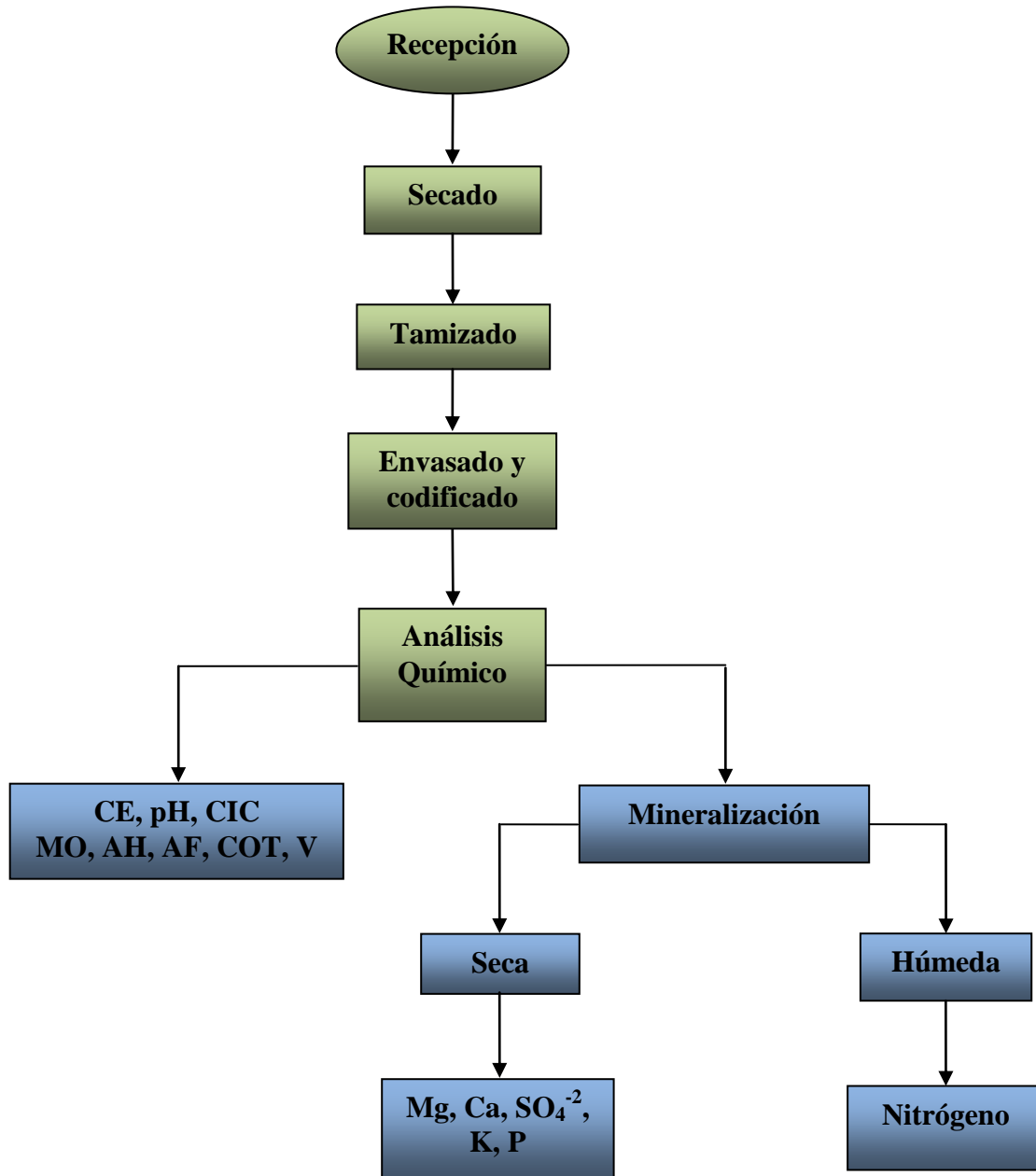
Espectrómetro UV-VIS (SFP-3, marca FHK), micropipetas de 1 ml, tubos de ensayo, gradilla, gotero, beaker de 50 ml.



8.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Descripción general de los procedimientos para la caracterización de la composta.

Esquema experimental.





8.6 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Embasado y etiquetado

Una vez recibida la muestra en el laboratorio se procedió a secarla durante el tiempo necesario y se retiraron cuidadosamente las raicillas y restos orgánicos visibles. Luego fue triturada con un mortero de porcelana y pasada por un tamiz de 1 mm. Finalmente se embasó en frascos plásticos y etiquetó con la información siguiente: código, fecha de recibido.

IX. RESULTADOS

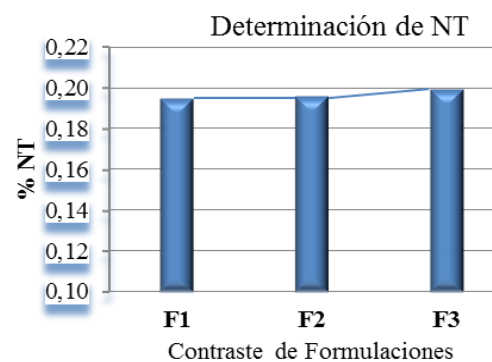
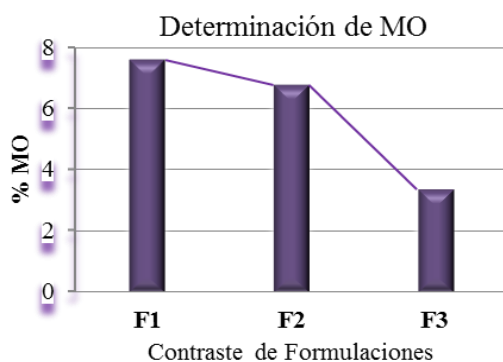
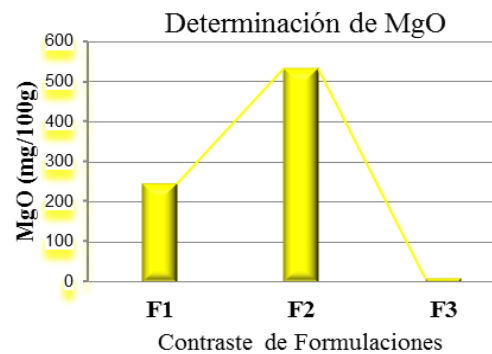
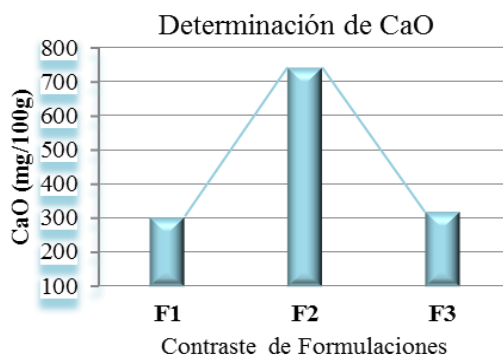
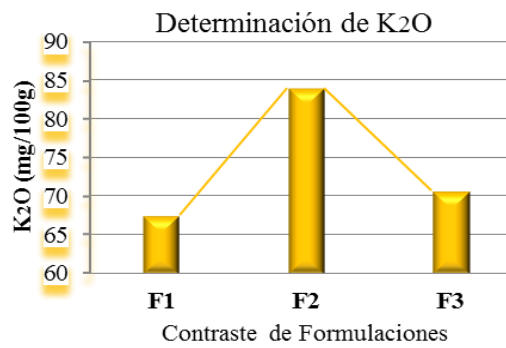
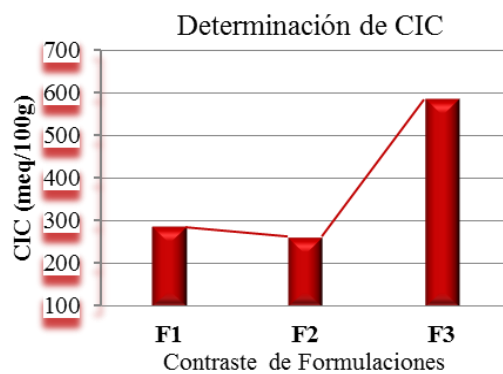
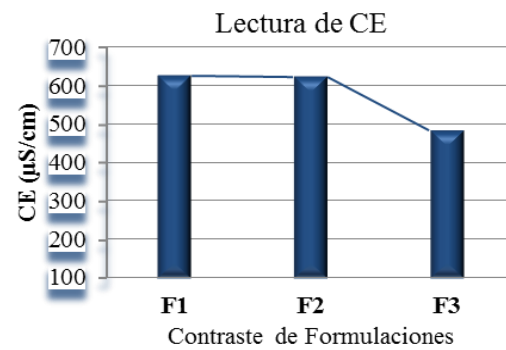
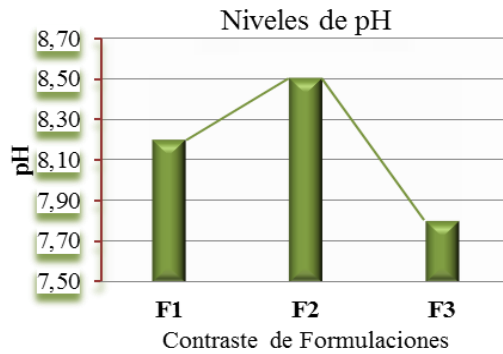
En la Tabla N°4 se muestran los promedios de los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico aplicado a tres formulaciones de composta.

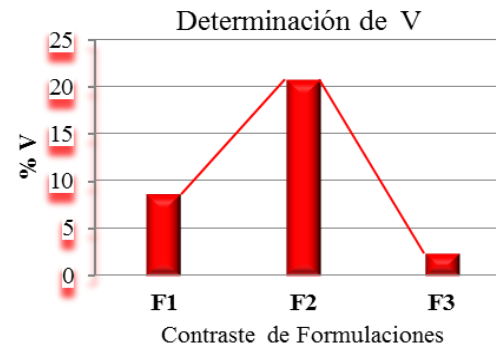
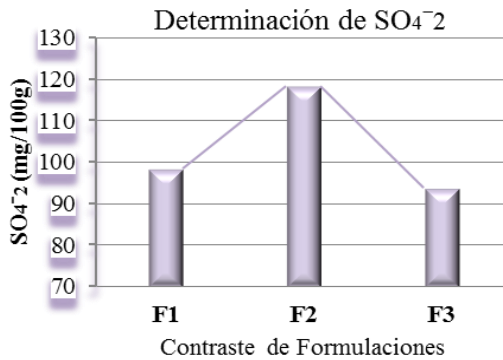
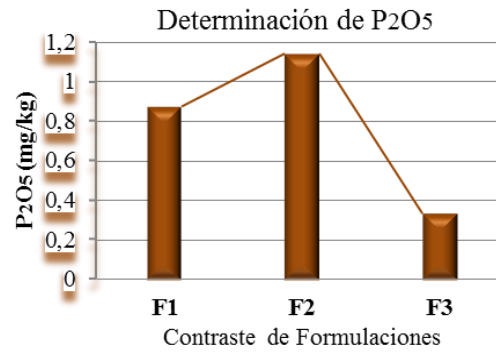
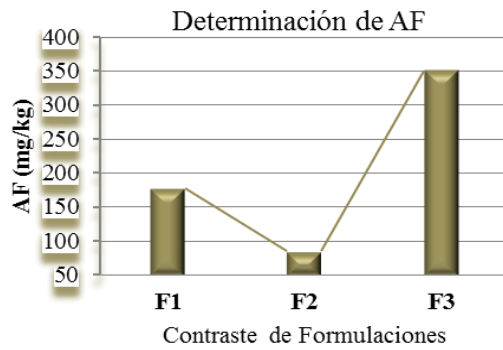
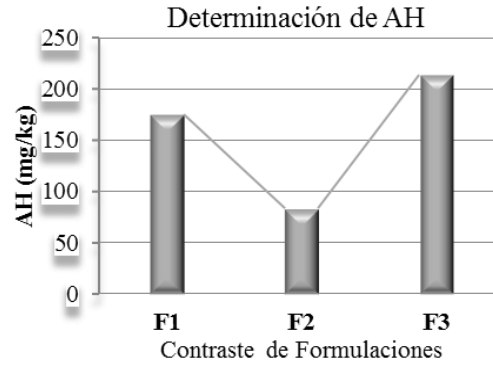
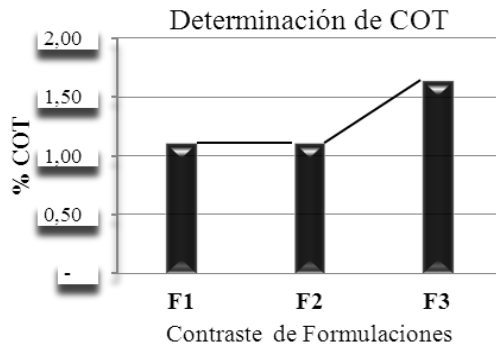
Tabla N°4. Promedios de los parámetros ensayados

<i>Indices de calidad</i>	<i>Formulación</i>		
	F1	F2	F3
pH	8.2	8.5	7.8
CE μS/cm	625.9	622.9	484.7
CIC meq/100g	285.9	262.3	585.4
K ₂ O mg/100g	67.5	84.0	70.6
CaO mg100g	305.5	744.2	321.3
MgO mg/100g	245.0	531.4	9.1
MO %	7.5	6.7	3.3
NT %	0.1	0.1	0.1
COT %	1.1	1.1	1.6
AH mg/kg	175.3	83.6	213.8
AF mg/kg	177.8	85.5	350.3
P ₂ O ₅ mg/kg	0.8	1.1	0.3
SO ₄ ⁻² mg/100g	98.4	118.2	93.8
V %	8.6	20.7	2.3



Exposición gráfica de los promedios obtenidos en el análisis de las muestras de composta detallados en la tabla N°4.







En la siguiente tabla se comparan los promedios de las réplicas con los valores de referencia.

Tabla N°5. Comparación de resultados con valores de referencia

	pH	MO (%)	N (%)	P (%)	K (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	CE (μS/cm)
V. Ref.	8.81	11.1	1.34	0.80	959.5	1193.9	507	1720
F1	8.2	7.5	0.1	<0,01	67.5	305.5	245.0	625.9
F2	8.5	6.7	0.1	<0,01	84.0	744.2	531.4	622.9
F3	7.8	3.3	0.1	<0,01	70.6	321.3	9.1	484.7

Posterior se muestran parámetros ensayados considerados como aporte necesario en el desarrollo de este estudio.

Tabla N°6. Consideraciones necesarias

	CIC (meq/100g)	COT (%)	AH (mg/kg)	AF (mg/kg)	SO ₄ ⁻² (mg/100g)	V (%)
F1	285.9	1.1	175.3	177.8	98.4	8.6
F2	262.3	1.1	83.6	85.5	118.2	20.7
F3	585.4	1.6	213.8	350.3	93.8	2.3



Tratamiento Estadístico

Tablas de los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a los datos obtenidos en el análisis cuantitativo de los índices de calidad para contrastar las tres formulaciones establecidas.

Tabla N°7. Resultados del test de Huber aplicado a valores de pH

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
8,15	8,205	-0,055	0,005	8,47	8,50	-0,03	0,00	7,77	7,81	-0,04	0,00
8,18		-0,025	0,005	8,48		-0,02	0,00	7,78		-0,03	0,00
8,18		-0,025	0,005	8,50		0,00	0,00	7,79		-0,02	0,01
8,20		-0,005	0,005	8,50		0,00	0,00	7,79		-0,02	0,02
8,20		-0,005	0,015	8,50		0,00	0,01	7,81		0,00	0,02
8,21		0,005	0,025	8,50		0,00	0,02	7,81		0,00	0,02
8,21		0,005	0,025	8,51		0,01	0,02	7,82		0,01	0,02
8,22		0,015	0,025	8,52		0,02	0,02	7,83		0,02	0,02
8,23		0,025	0,045	8,52		0,02	0,03	7,83		0,02	0,03
8,25		0,045	0,055	8,53		0,03	0,03	7,83		0,02	0,04
MAD	0,020			MAD	0,015			MAD	0,02		
L.I	8,14	.:No existen valores aberrantes		L.I	8,45	.:No existen valores aberrantes		L.I	7,74	.:No existen valores aberrantes	
L.S	8,28			L.S	8,55			L.S	7,88		

Tabla N°8. Resultados del test de Huber aplicado a valores de CE

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
623,7	625,13	-1,45	0,13	620,0	622,65	-2,65	0,35	481,0	485,26	-4,26	0,61
624,0		-1,13	0,13	620,8		-1,85	0,35	481,0		-4,26	0,61
624,3		-0,81	0,53	621,8		-0,84	0,35	483,0		-2,26	0,69
624,6		-0,53	0,81	622,2		-0,45	0,45	484,0		-1,26	1,26
625,0		-0,13	1,13	622,3		-0,35	0,84	484,7		-0,61	1,47
625,3		0,13	1,45	623,0		0,35	1,35	485,9		0,61	1,97
626,9		1,75	1,75	623,0		0,35	1,85	486,0		0,69	2,26
628,0		2,87	2,87	624,0		1,35	2,65	486,7		1,47	2,44
628,0		2,87	2,87	625,8		3,15	3,15	487,2		1,97	4,26
629,0		3,87	3,87	626,0		3,35	3,35	487,7		2,44	4,26
MAD	1,29			MAD	1,095			MAD	1,715		
L.I	620,62	.:No existen valores aberrantes		L.I	618,82	.:No existen valores aberrantes		L.I	479,25	.:No existen valores aberrantes	
L.S	629,65			L.S	626,48			L.S	491,26		

Tabla N°9. Resultados del test de Huber aplicado a valores de CIC

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
282,1	285,65	-3,55	0,25	260,4	262,29	-1,905	0,015	580,67	585,12	-4,445	0,625
282,7		-2,97	0,25	260,6		-1,655	0,015	583,04		-2,075	0,625
284,2		-1,49	1,34	261,6		-0,735	0,535	583,78		-1,335	0,665
284,3		-1,34	1,49	261,7		-0,625	0,625	584,45		-0,665	1,055
285,4		-0,25	2,23	262,3		-0,015	0,735	584,49		-0,625	1,335
285,9		0,25	2,35	262,3		0,015	0,915	585,74		0,625	2,075
287,9		2,23	2,97	262,8		0,535	1,655	586,17		1,055	2,485
288,0		2,35	3,55	263,2		0,915	1,785	587,60		2,485	2,955
289,4		3,78	3,78	264,1		1,785	1,905	588,07		2,955	4,445
289,5		3,82	3,82	264,2		1,905	1,905	589,96		4,845	4,845
MAD	2,29			MAD	0,825			MAD	1,705		
L.I	277,64	.:No existen valores aberrantes		L.I	259,41	.:No existen valores aberrantes		L.I	579,15	.:No existen valores aberrantes	
L.S	293,66			L.S	265,18			L.S	591,08		



Tabla N°10. Resultados del test de Huber aplicado a valores de K₂O

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
64,80	67,695	-2,895	0,285	80,35	84,81	-4,46	0,49	68,30	70,935	-2,635	0,345
65,69		-2,003	0,285	80,58		-4,23	0,49	68,39		-2,545	0,345
66,71		-0,985	0,515	81,32		-3,49	1	69,41		-1,527	0,525
66,89		-0,805	0,805	82,69		-2,12	1,05	70,41		-0,525	0,575
67,41		-0,285	0,835	84,32		-0,49	2,04	70,59		-0,345	0,715
67,98		0,285	0,985	85,30		0,49	2,12	71,28		0,345	0,945
68,21		0,515	1,702	85,81		1	2,18	71,51		0,575	1,527
68,53		0,835	2,003	85,86		1,05	3,49	71,65		0,715	2,385
69,40		1,702	2,085	86,85		2,04	4,23	71,88		0,945	2,545
69,78		2,085	2,895	86,99		2,18	4,46	73,32		2,385	2,635
MAD	0,91			MAD	2,08			MAD	0,83		
L.I	64,51	.:No existen valores aberrantes		L.I	77,53	.:No existen valores aberrantes		L.I	68,03	.:No existen valores aberrantes	
L.S	70,88			L.S	92,09			L.S	73,84		

Tabla N°11. Resultados del test de Huber aplicado a valores de CaO

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
299,7	306,94	-7,27	0	716,0	740,87	-24,86	2,72	306,94	324,29	-17,35	0,56
301,9		-5,04	0	716,8		-24,02	2,72	307,50		-16,79	0,56
302,5		-4,48	0,56	717,3		-23,57	5,56	314,31		-9,98	1,74
303,6		-3,36	0,56	735,3		-5,56	15,99	317,29		-7	3,08
306,9		0	0,84	738,2		-2,72	17,67	323,73		-0,56	3,92
306,9		0	3,36	743,6		2,72	23,57	324,85		0,56	7,00
307,5		0,56	4,19	756,9		15,99	24,02	326,03		1,74	9,98
307,5		0,56	4,48	758,5		17,67	24,86	327,37		3,08	12,81
307,8		0,84	5,04	766,7		25,78	25,78	328,21		3,92	16,79
311,1		4,19	7,27	793,2		52,36	52,36	337,10		12,81	17,35
MAD	2,1			MAD	20,62			MAD	5,46		
L.I	299,59	.:No existen valores aberrantes		L.I	668,70	.:No existen valores aberrantes		L.I	305,18	.:No existen valores aberrantes	
L.S	314,29			L.S	813,04			L.S	343,40		

Tabla N°12. Resultados del test de Huber aplicado a valores de MgO

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
243,5	245,02	-1,49	0,1	488,1	530,43	-42,37	2,385	6,57	9,35	-2,78	0
244,3		-0,7	0,1	493,2		-37,19	2,385	6,57		-2,78	0
244,5		-0,5	0,3	520,9		-9,545	7,165	8,36		-0,99	0,2
244,7		-0,3	0,5	523,3		-7,165	7,765	9,15		-0,2	0,4
244,9		-0,1	0,5	528,0		-2,385	9,545	9,35		0	0,6
245,1		0,1	0,7	532,8		2,385	19,105	9,35		0	0,99
245,5		0,5	0,7	538,2		7,765	33,225	9,75		0,4	1,19
245,7		0,7	1,09	549,5		19,105	37,195	9,95		0,6	2,39
246,1		1,09	1,29	563,7		33,225	42,375	10,54		1,19	2,78
246,3		1,29	1,49	576,6		46,165	46,165	11,74		2,39	2,78
MAD	0,6			MAD	14,325			MAD	0,795		
L.I	242,92	.:No existen valores aberrantes		L.I	480,28	.:No existen valores aberrantes		L.I	6,56	.:No existen valores aberrantes	
L.S	247,12			L.S	580,56			L.S	12,13		



Tabla N°13. Resultados del test de Huber aplicado a valores de MO

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
7,51	7,595	-0,085	0,005	6,62	6,735	-0,115	0,025	3,30	3,33	-0,030	0,010
7,51		-0,085	0,005	6,68		-0,055	0,025	3,30		-0,030	0,010
7,53		-0,065	0,025	6,69		-0,045	0,025	3,31		-0,020	0,010
7,56		-0,035	0,025	6,71		-0,025	0,045	3,32		-0,010	0,010
7,59		-0,005	0,025	6,71		-0,025	0,055	3,32		-0,010	0,020
7,60		0,005	0,035	6,76		0,025	0,065	3,34		0,010	0,020
7,62		0,025	0,065	6,80		0,065	0,075	3,34		0,010	0,030
7,62		0,025	0,075	6,81		0,075	0,115	3,35		0,020	0,030
7,62		0,025	0,085	6,86		0,125	0,125	3,37		0,040	0,040
7,67		0,075	0,085	6,92		0,185	0,185	3,38		0,050	0,050
MAD	0,03			MAD	0,06			MAD	0,02		
L.I	7,49	.:No existen valores aberrantes		L.I	6,53	.:No existen valores aberrantes		L.I	3,26	.:No existen valores aberrantes	
L.S	7,70			L.S	6,95			L.S	3,40		

Tabla N°14. Resultados del test de Huber aplicado a valores de NT

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
0,16	0,195	-0,035	0,005	0,16	0,1974	-0,037	0,0026	0,17	0,1973	-0,027	0,0027
0,17		-0,025	0,005	0,17		-0,027	0,0026	0,17		-0,027	0,0027
0,17		-0,025	0,015	0,18		-0,017	0,0073	0,18		-0,014	0,0108
0,18		-0,015	0,015	0,19		-0,007	0,0126	0,19		-0,011	0,0141
0,19		-0,005	0,015	0,19		-0,003	0,0156	0,19		-0,003	0,0227
0,20		0,005	0,025	0,20		0,0026	0,0174	0,20		0,0027	0,0227
0,21		0,015	0,025	0,21		0,0126	0,0226	0,22		0,0227	0,0227
0,21		0,015	0,035	0,21		0,0156	0,0226	0,22		0,0227	0,0273
0,23		0,035	0,035	0,22		0,0226	0,0274	0,22		0,0227	0,0273
0,23		0,035	0,035	0,22		0,0226	0,0374	0,23		0,0327	0,0327
MAD	0,020			MAD	0,0165			MAD	0,0227		
L.I	0,13	.:No existen valores aberrantes		L.I	0,14	.:No existen valores aberrantes		L.I	0,12	.:No existen valores aberrantes	
L.S	0,26			L.S	0,26			L.S	0,28		

Tabla N°15. Resultados del test de Huber aplicado a valores de COT

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
0,86	1,0581	-0,200	0,0119	0,84	1,1215	-0,282	0,0285	0,93	1,615	-0,685	0,005
0,90		-0,157	0,0119	0,94		-0,182	0,0285	1,20		-0,415	0,005
0,96		-0,098	0,0815	0,95		-0,172	0,0486	1,29		-0,325	0,175
0,97		-0,088	0,0881	1,03		-0,092	0,0915	1,29		-0,325	0,235
1,05		-0,012	0,0981	1,09		-0,028	0,1471	1,61		-0,005	0,325
1,07		0,0119	0,1574	1,15		0,0285	0,1715	1,62		0,005	0,325
1,14		0,0815	0,2002	1,17		0,0486	0,1785	1,79		0,175	0,415
1,28		0,2219	0,2219	1,27		0,1471	0,1815	1,85		0,235	0,555
1,40		0,3419	0,3419	1,30		0,1785	0,2815	2,17		0,555	0,685
1,45		0,3873	0,3873	1,35		0,2285	0,2285	2,66		1,045	1,045
MAD	0,1277			MAD	0,1593			MAD	0,325		
L.I	0,61	.:No existen valores aberrantes		L.I	0,56	.:No existen valores aberrantes		L.I	0,47	.:No existen valores aberrantes	
L.S	1,51			L.S	1,67			L.S	2,75		



Tabla N°16. Resultados del test de Huber aplicado a valores de AH

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
172,3	175,11	-2,775	0,295	81,21	83,68	-2,470	0,260	211,00	213,99	-2,995	0,195
173,7		-1,435	0,295	81,22		-2,460	0,260	211,90		-2,095	0,195
174,6		-0,505	0,305	82,01		-1,670	0,500	212,50		-1,495	0,505
174,8		-0,305	0,505	83,07		-0,610	0,610	213,40		-0,595	0,595
174,8		-0,295	1,395	83,42		-0,260	1,610	213,80		-0,195	1,205
175,4		0,295	1,435	83,94		0,260	1,670	214,19		0,195	1,495
176,5		1,395	1,895	84,18		0,500	1,840	214,50		0,505	1,655
177,0		1,895	1,895	85,29		1,610	2,460	215,20		1,205	2,095
177,0		1,895	1,895	85,52		1,840	2,470	215,65		1,655	2,395
177,0		1,895	2,775	86,80		3,120	3,120	216,39		2,395	2,995
MAD	1,415			MAD	1,640			MAD	1,35		
L.I	170,15	.:No existen valores aberrantes		L.I	77,94	.:No existen valores aberrantes		L.I	209,27	.:No existen valores aberrantes	
L.S	180,06			L.S	89,42			L.S	218,72		

Tabla N°17. Resultados del test de Huber aplicado a valores de AF

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
176,0	178,09	-2,09	0,23	83,54	85,565	-2,02	0,39	347,71	350,57	-2,86	0,17
176,0		-2,09	0,23	83,66		-1,91	0,39	347,91		-2,66	0,17
176,5		-1,62	0,47	83,77		-1,80	0,89	349,91		-0,66	0,32
177,2		-0,91	0,76	84,40		-1,16	1,04	350,25		-0,32	0,58
177,8		-0,23	0,91	85,17		-0,39	1,16	350,40		-0,17	0,66
178,3		0,23	1,32	85,96		0,39	1,76	350,74		0,17	1,09
178,6		0,47	1,62	86,46		0,89	1,80	351,15		0,58	1,43
178,8		0,76	1,75	86,60		1,04	1,91	351,66		1,09	1,43
179,4		1,32	2,09	87,32		1,76	2,02	352,00		1,43	2,66
179,8		1,75	2,09	88,20		2,64	2,64	352,00		1,43	2,86
MAD	1,115			MAD	1,46			MAD	0,875		
L.I	174,19	.:No existen valores aberrantes		L.I	80,46	.:No existen valores aberrantes		L.I	347,51	.:No existen valores aberrantes	
L.S	181,99			L.S	90,68			L.S	353,63		

Tabla N°18. Resultados del test de Huber aplicado a valores de P₂O₅

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
0,815	0,8511	-0,036	0,00675	1,090	1,1364	-0,046	0,00755	0,3131	0,3314	-0,018	0,00075
0,839		-0,012	0,00675	1,109		-0,028	0,00755	0,3240		-0,007	0,00075
0,841		-0,010	0,00785	1,120		-0,016	0,01145	0,3246		-0,007	0,00085
0,843		-0,008	0,01035	1,125		-0,012	0,01645	0,3305		-0,001	0,00675
0,844		-0,007	0,01145	1,129		-0,007	0,01655	0,3306		-0,001	0,00735
0,858		0,0067	0,01625	1,144		0,0075	0,02045	0,3321		0,0008	0,00675
0,867		0,0162	0,02695	1,153		0,0166	0,02525	0,3381		0,0068	0,00915
0,878		0,0269	0,03485	1,157		0,0205	0,02745	0,3405		0,0092	0,01825
0,886		0,0348	0,03615	1,162		0,0253	0,04645	0,3440		0,0126	0,01265
0,897		0,0462	0,04625	1,186		0,0502	0,05015	0,3458		0,0145	0,01445
MAD	0,0138			MAD	0,0185			MAD	0,0071		
L.I	0,8027	.:No existen valores aberrantes		L.I	1,0717	.:No existen valores aberrantes		L.I	0,3067	.:No existen valores aberrantes	
L.S	0,8996			L.S	1,2012			L.S	0,3560		



Tabla N°19. Resultados del test de Huber aplicado a valores de SO_4^{-2}

F1				F2				F3			
XF1	Xmed	(XF1-Xmed)	/(XF1-Xmed)/	XF2	Xmed	(XF2-Xmed)	/(XF2-Xmed)/	XF3	Xmed	(XF3-Xmed)	/(XF3-Xmed)/
95,31	98,64	-3,33	0,22	116,8	117,85	-1,035	0,125	90,95	93,44	-2,49	0,49
95,74		-2,90	0,22	116,9		-0,885	0,125	91,98		-1,46	0,49
97,36		-1,28	0,72	117,3		-0,525	0,365	92,40		-1,04	0,61
97,65		-0,99	0,99	117,5		-0,365	0,525	92,60		-0,84	0,84
98,42		-0,22	1,00	117,7		-0,125	0,885	92,95		-0,49	1,04
98,86		0,22	1,28	117,9		0,125	1,035	93,93		0,49	1,46
99,36		0,72	2,26	119,1		1,265	1,265	94,05		0,61	2,16
99,64		1,00	2,41	119,3		1,475	1,475	95,60		2,16	2,49
100,9		2,26	2,90	119,5		1,635	1,635	96,83		3,39	3,39
101,1		2,41	3,33	120,7		2,835	2,835	96,88		3,44	3,44
MAD	1,14			MAD	0,96			MAD	1,25		
L.I	94,65	.:No existen valores aberrantes		L.I	114,48	.:No existen valores aberrantes		L.I	89,07	.:No existen valores aberrantes	
L.S	102,63			L.S	121,21			L.S	97,82		

Posteriormente se exteriorizan los resultados sometidos a la prueba estadística ANOVA de un factor para cada parámetro en cuestión.

Tabla N°20. Análisis de varianza de un factor para pH

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
F1	10	82,03	8,2	0,00080111
F2	10	85,03	8,5	0,00033444
F3	10	78,06	7,8	0,00049333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	2,44472667	2	1,22236333	2251,28308	9,2608E-31	3,35413083
Dentro de las fórmulas	0,01466	27	0,00054296			
Total	2,45938667	29				

Tabla N°21. Análisis de varianza de un factor para CE

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
F1	10	6258,74	625,8	3,70311556
F2	10	6228,91	622,8	3,78969889
F3	10	4847,08	484,7	5,89499556

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	130104,264	2	65052,1322	14577,1711	1,1079E-41	3,35413083
Dentro de las fórmulas	120,49029	27	4,46260333			
Total	130224,755	29				



**Tabla N°22. Análisis de varianza de un factor para
CIC**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
F1	10	2859,33	285,9	7,12660111		
F2	10	2623,17	262,3	1,69257889		
F3	10	5853,97	585,4	7,30760111		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre fórmulas	648723,631	2	324361,815	60339,7193	5,2487E-50	3,35413083
Dentro de las fórmulas	145,14103	27	5,3755937			
Total	648868,772	29				

**Tabla N°23. Análisis de varianza de un factor para
K₂O**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
F1	10	675,39	67,5	2,45996143		
F2	10	840,07	84,0	6,61195667		
F3	10	706,73	70,6	2,55627773		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre fórmulas	1529,20311	2	764,601556	197,262301	7,7322E-17	3,35413083
Dentro de las fórmulas	104,653763	27	3,87606528			
Total	1633,85688	29				

**Tabla N°24. Análisis de varianza de un factor para
CaO**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
F1	10	3055,4	305,5	12,1003778		
F2	10	7442,4	744,2	628,460654		
F3	10	3213,3	321,3	92,9658011		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre fórmulas	1238576,5	2	619288,248	2532,78361	1,9044E-31	3,35413083
Dentro de las fórmulas	6601,7415	27	244,508944			
Total	1245178,24	29				



Tabla N°25. Análisis de varianza de un factor para MgO

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
F1	10	2450,79	245,0	0,73638778		
F2	10	5314,23	531,4	775,930379		
F3	10	91,33	9,1	2,62824556		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	1368167,48	2	684083,742	2633,47153	1,1282E-31	3,35413083
Dentro de las fórmulas	7013,65511	27	259,765004			
Total	1375181,14	29				

Tabla N°26. Análisis de varianza de un factor para MO

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
F1	10	75,83	7,5	0,00289		
F2	10	67,56	6,7	0,00838222		
F3	10	33,33	3,3	0,00077889		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	101,544527	2	50,7722633	12639,2321	7,5861E-41	3,35413083
Dentro de las fórmulas	0,10846	27	0,00401704			
Total	101,652987	29				

Tabla N°27. Análisis de varianza de un factor para NT

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
F1	10	1,95	0,1	0,00062778		
F2	10	1,95	0,1	0,00043513		
F3	10	1,99	0,1	0,00048749		

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	0,00011235	2	5,6177E-05	0,1087019	0,89738832	3,35413083
Dentro de las fórmulas	0,01395357	27	0,0005168			
Total	0,01406593	29				



**Tabla N°28. Análisis de varianza de un factor para
COT**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
F1	10	11,06	1,1	0,04238155		
F2	10	11,09	1,1	0,02868214		
F3	10	16,41	1,6	0,25909889		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre fórmulas	1,89356269	2	0,94678134	8,60286489	0,00128662	3,35413083
Dentro de las fórmulas	2,97146318	27	0,11005419			
Total	4,86502587	29				

**Tabla N°29. Análisis de varianza de un factor para
AH**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
F1	10	1753,11	175,3	2,50852111		
F2	10	836,66	83,6	3,48987111		
F3	10	2138,53	213,8	2,88940111		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre fórmulas	89443,1559	2	44721,5779	15095,3931	6,9162E-42	3,35413083
Dentro de las fórmulas	79,99014	27	2,96259778			
Total	89523,146	29				

**Tabla N°30. Análisis de varianza de un factor para
AF**

RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
F1	10	1778,49	177,8	1,92412111		
F2	10	855,08	85,5	2,72044		
F3	10	3503,73	350,3	2,34191222		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre fórmulas	361482,864	2	180741,432	77610,5868	1,7561E-51	3,35413083
Dentro de las fórmulas	62,87826	27	2,32882444			
Total	361545,742	29				



Tabla N°31. Análisis de varianza de un factor para P_2O_5

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
F1	10	8,57	0,8	0,00063328		
F2	10	11,37	1,1	0,0008067		
F3	10	3,32	0,3	0,00010256		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	3,340931	2	1,6704655	3248,81155	6,7129E-33	3,35413083
Dentro de las fórmulas	0,01388279	27	0,00051418			
Total	3,35481379	29				

Tabla N°32. Análisis de varianza de un factor para SO_4^{2-}

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
F1	10	984,29	98,4	3,80034333		
F2	10	1182,85	118,2	1,64942778		
F3	10	938,17	93,8	4,17124556		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	3380,71435	2	1690,35717	527,082708	2,322E-22	3,35413083
Dentro de las fórmulas	86,58915	27	3,20700556			
Total	3467,3035	29				

Tabla N°33. Análisis de varianza de un factor para V

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
F1	10	86,3	8,6	0,00544444		
F2	10	207,8	20,7	0,24833444		
F3	10	23,0	2,3	0,01264889		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre fórmulas	1763,95709	2	881,978543	9931,15527	1,959E-39	3,35413083
Dentro de las fórmulas	2,39785	27	0,08880926			
Total	1766,35494	29				



X. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En su mayoría, los estudios realizados a abonos orgánicos, indican que los parámetros más importantes o los que hay que tomar en cuenta para su caracterización son los macronutrientes (pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg).

Una vez finalizados los análisis fisicoquímicos realizados a las tres muestras de composta y obtenido los resultados, se les aplicó la prueba de Huber, prueba estadística para verificar la presencia o ausencia de valores anómalos en los resultados.

Como la prueba arrojó la no existencia de datos aberrantes para las tres formulaciones, esto significa que las respuestas de cada repetición realizada a cada parámetro, sí pertenecen a la misma serie de datos, es decir, que estos valores forman parte de la misma población. Por lo tanto, los valores promedios de los índice de calidad son representativos de cada fórmula de composta.

No habiendo encontrado valores aberrantes en los resultados, estos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA de un factor) para determinar la variabilidad entre las formulaciones, lo cual demostró que existen diferencias significativas entre ellas en todos los parámetros (pH, CE, CIC, K₂O, CaO, MgO, MO, COT, AH, AF, P₂O₅, SO₄⁻², V); excepto el caso del NT, para el cual no se encontró una diferencia marcada.

Al contrastar las formulaciones, podemos ver que el tipo de composta que presenta los niveles más altos es la formulación dos (F2). Estas diferencias se atribuyen a los ingredientes utilizados en la elaboración de cada una de las compostas. Las tres formulaciones contienen en común pellejo, tierra y hojarascas; y difieren únicamente en sal, pelo, hierba verde (F1), cal y sulfuro de sodio (F2). La F3 contiene sólo los componentes comunes. Esto significa que la cal y el sulfuro en F2 aceleran la descomposición del material orgánico, y por tanto hay una mayor cantidad de nutrientes libres en esta formulación, en comparación a F1 y F3.

Sin embargo cuando comparamos los promedios de las réplicas de la formulación F2 con los valores de referencia, observamos que en general los índices de calidad están muy por debajo de éstos últimos. Probablemente esto se debe a fallas técnicas en el proceso de elaboración, puesto que se llevó a cabo en condiciones anaerobias y sin homogenización previa, y no propiamente a los constituyentes de la composta.

De igual forma, se puede observar que las unidades en las que están expresados los resultados difieren de las unidades presentadas en la Tabla N°2 (valores de referencia); esto se debe a que los valores encontrados en las fórmulas sometidas a estudio son muy pequeños, y si se expresasen en unidades de por ciento (%) como se reportan en el sistema internacional, tendríamos que hacer uso de notación científica.



XI. CONCLUSIONES

En base a los resultados de los análisis realizados a las tres formulaciones de composta, elaboradas en la tenería de Doña Eulalia López (TEFLOZE), concluimos que:

1. Los desechos cárnicos generados en la etapa de ribera del proceso del curtido de pieles, sí pueden ser aprovechados para la elaboración de composta.
2. La composta elaborada con los desechos cárnicos de la tenería TEFLOZE, aunque no fue preparada con las técnicas establecidas, se encontró que tenía presencia de macro y micronutrientes en cantidades mínimas.
3. La tenería TEFLOZE está en capacidad de proveer material suficiente para ser transformado en composta y comercializarlo como subproducto del proceso que ahí se realiza.
4. De acuerdo a datos de referencia, en las formulaciones F1 y F3 se encontró que los índices de calidad presentan niveles muy bajos.
5. La formulación F2 presenta valores altos, en comparación a las otras dos formulaciones, lo que significa que los materiales utilizados para su elaboración tienen la característica de descomponerse con mayor facilidad y liberar los nutrientes que los constituyen; pero aún así, no alcanza niveles de calidad en comparación a los valores de referencia.
6. Por tanto, las tres formulaciones de composta elaboradas en la tenería de Doña Eulalia López (TEFLOZE), no se consideran un producto de calidad, debido a que al momento de su preparación no se siguió el procedimiento establecido para el desarrollo de este tipo de producto.



XII. RECOMENDACIONES

Recomendaciones para la elaboración de composta con desechos sólidos de tenerías:

- 1- Se recomienda preparar la composta aeróbicamente, ya que de esta manera se asegura un producto de calidad, pues el Oxígeno juega un papel importante favoreciendo la actividad de los microorganismos descomponedores, elevando los niveles de macro y micronutrientes durante el proceso de compostaje. También es conveniente elaborarlo sobre piso, esto facilita el volteo de los componentes para su homogeneidad, aireación y control de temperatura o en suelo no poroso, para evitar que la composta pierda mucha humedad.



XIII. BIBLIOGRAFIA

- 1- Restrepo, J., (2002), “El suelo, la vida y los abonos orgánicos”. Colección mejores prácticas, Editorial Enlace, p 39-40, 42.
- 2- Castillo, X., Rostrán, J., Tajiri, T., Kazuhiro, N., (2006), “Manual para la producción de abonos orgánicos: Compost”, Carrera de Ingeniería en Agroecología Tropical. UNAN-León, p 3-8.
- 3- Flores, W., Fonseca, A., *Extracción de ácidos húmicos a través de dos procesos de compostaje: lombrihumus y composta en el campo agropecuario de la UNAN-León, mayo-julio 2008*, Tesis para optar al título de Agroecólogo, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- león, Septiembre 2009, Pág. 4-8.
- 4- Fundación Hogares Juveniles Campesinos, (2002), “Tecnologías orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente”. Manual agropecuario, Editorial Quebecor World Bogotá, S.A., p 26-44, 529-531.
- 5- Fundación Hogares Juveniles Campesinos, (2004), “Manual agricultura alternativa”, edición 2008, Editorial D`Vinni S.A., p22-23.
- 6- Grupo Noriega Editores, (1998), “Manual de fertilizantes”, National Plant Food Institute, Editorial Limusa, S.A. de C.V., México, D.F., p 20.
- 7- Benzing, A., (2001), “Agricultura orgánica. Fundamentos para la región andina”, Editorial Neckar-Verlag, Alemania, p 62-64.
- 8- Navarro Blayer, S., Navarro García, G., (2000), “El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal”. Química Agrícola, Edición Mundi Prensa, España, p 273-283.
- 9- Alegría Madrigal, M. C., *Estimación del grado de agotamiento de productos químicos en los procesos de pelambre y curtido de pieles*, Tesis para optar al título de Licenciada en Química, León-Nicaragua, 1999, p 3-8.
- 10- Castillo Navarro, L. J., Vargas Zamora, L. O., *Estudio comparativo de tres formas de producción de Bocashi elaborados en el Campus Agropecuario de la UNAN-León*, Tesis para optar al título de Licenciad@ en Química, León-Nicaragua, 2007, p 6-37.
- 11- Adzet Riba, J., (1987), “Cómo se trabaja la piel”, Editorial De Vecchi, S. A., Barcelona, p 44-104.
- 12- Wikipedia la enciclopedia libre, Acidos húmicos, [En Línea]; [Fecha de acceso 05 de Mayo 2010];
URL disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_h%C3%BAmico



- 13-** Wikipedia la enciclopedia libre, Humus, [En Línea]; [Fecha de acceso 05 de Mayo 2010]; URL disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Humus>
- 14-** Wikipedia la enciclopedia libre, Composta, [En Línea]; [Fecha de acceso 05 de Mayo 2010]; URL disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Compost>
- 15-** Sztern, D., Pravia, M., Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos, [En Línea]; [Fecha de acceso 05 de Mayo 2010]; URL disponible en: <http://www.bvsops.org.uy/pdf/composta.pdf>
- 16-** Amigos de la tierra, Compostaje, [En Línea]; [Fecha de acceso 05 de Mayo 2010]; URL disponible en: http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/AdT_Curso-compostaje2.pdf
- 17-** Lomelí, M. G., Tamayo, R., Suelo, [En Línea]; [Fecha de acceso 24 de Junio 2010]; URL disponible en: <http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/12hoja.html>
- 18-** AGA FANO S.A, Espectrometría de absorción atómica, [En Línea]; [Fecha de acceso 25 de Junio 2010]; URL disponible en: http://hiq.aga.com.co/International/Web/1g/CO/like1gspgco.nsf/docbyalias/anal_abs
- 19-** Sosa Ferrera, Z., Torres Padrón, M. E., Espectrometría de Emisión Atómica, [En Línea]; [Fecha de acceso 15 de Marzo 2011]; URL disponible en: <http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/27/27865/tema3emisionatomica.pdf>



ANEXO

En las tablas siguientes se muestran las repeticiones a las lecturas realizadas para cada formulación respecto a cada parámetro con sus correspondientes promedios y desviaciones.

Tabla N°34. Resultados de las lecturas de pH en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	8,1	8,5	7,7
2	8,1	8,5	7,8
3	8,2	8,4	7,7
4	8,2	8,5	7,8
5	8,2	8,5	7,7
6	8,2	8,5	7,8
7	8,2	8,4	7,8
8	8,2	8,5	7,8
9	8,1	8,5	7,8
10	8,2	8,5	7,7
Promedio	8,2	8,5	7,8
S	0,028303906	0,01828782	0,02221111

Tabla N°35. Resultados de las lecturas de CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	624,6	626,0	484,7
2	628,0	620,8	486,0
3	628,0	622,2	487,7
4	625,0	620,0	485,9
5	623,7	621,8	484,0
6	626,9	623,0	481,0
7	629,0	623,0	487,2
8	625,3	624,0	481,0
9	624,0	625,8	486,7
10	624,3	622,3	483,0
Promedio	625,9	622,9	484,7
S	1,924348086	1,9467149	2,42796119

Tabla N°36. Resultados de la determinación de CIC (meq/100g) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	285,9	263,2	584,4
2	287,8	262,2	583,7
3	284,3	262,8	584,4
4	282,6	264,0	580,6
5	285,4	261,6	583,0
6	282,1	261,5	585,7
7	284,1	264,2	589,9
8	289,4	260,6	587,6
9	288,0	260,3	588,0
10	289,4	262,3	586,1
Promedio	285,9	262,3	585,4
S	2,669569462	1,3009915	2,7032575

Tabla N°37. Resultados de la determinación de K_2O (mg/100g) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	64,8	85,8	73,3
2	69,7	86,9	71,5
3	69,4	85,8	69,4
4	65,6	84,3	71,6
5	68,5	81,3	71,8
6	68,2	82,6	68,3
7	66,7	80,3	71,2
8	66,8	80,5	70,4
9	67,9	85,3	70,5
10	67,4	86,8	68,3
Promedio	67,5	84,0	70,6
S	1,56842642	2,57137253	1,59883637

Tabla N°38. Resultados de la determinación de CaO (mg/100g) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	306,9	793,2	306,9
2	311,1	717,3	307,5
3	302,4	766,6	326,0
4	306,9	743,5	317,2
5	307,5	756,8	323,7
6	301,9	716,8	314,3
7	303,5	738,1	327,3
8	307,5	716,0	337,1
9	299,6	758,5	324,8
10	307,7	735,3	328,2
Promedio	305,5	744,2	321,3
S	3,47855973	25,0691175	9,64187747

Tabla N°39. Resultados de la determinación de MgO (mg/100g) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	244,7	488,0	11,7
2	245,7	523,2	6,5
3	246,1	493,2	9,3
4	245,5	538,1	10,5
5	244,9	532,8	6,5
6	243,5	549,5	9,3
7	244,5	563,6	9,7
8	244,3	576,5	9,9
9	246,3	520,8	8,3
10	245,1	528,0	9,1
Promedio	245,0	531,4	9,1
S	0,8581304	27,8555269	1,62118647



**ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE COMPOSTA
ELABORADA CON DESECHOS SOLIDOS DE LA TENERIA TEFLOZE, LEÓN**

Tabla N°40. Resultados de la determinación del %MO en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	7,5	6,6	3,3
2	7,6	6,8	3,3
3	7,5	6,7	3,3
4	7,5	6,7	3,3
5	7,6	6,6	3,3
6	7,6	6,7	3,3
7	7,5	6,6	3,3
8	7,6	6,8	3,3
9	7,6	6,9	3,3
10	7,5	6,8	3,3
Promedio	7,5	6,7	3,3
S	0,05375872	0,09155448	0,02790858

Tabla N°41. Resultados de la determinación del %NT en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	0,2	0,2	0,2
2	0,2	0,2	0,1
3	0,1	0,1	0,2
4	0,1	0,1	0,1
5	0,2	0,2	0,2
6	0,2	0,1	0,1
7	0,1	0,1	0,1
8	0,2	0,1	0,2
9	0,1	0,2	0,1
10	0,1	0,2	0,2
Promedio	0,1	0,1	0,1
S	0,025055494	0,02085966	0,02207926

Tabla N°42. Resultados de la determinación del %COT en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	0,9	0,9	2,6
2	0,8	0,8	1,7
3	0,9	0,9	1,6
4	1,4	1,0	0,9
5	1,2	1,3	1,2
6	0,9	1,1	1,2
7	1,1	1,2	2,1
8	1,4	1,1	1,8
9	1,0	1,0	1,2
10	1,0	1,3	1,6
Promedio	1,1	1,1	1,6
S	0,205867794	0,16935802	0,50901757

Tabla N°43. Resultados de la determinación de AH (mg/kg) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	177,0	86,8	216,3
2	173,6	81,2	211,0
3	177,0	82,0	215,6
4	172,3	83,9	213,4
5	174,6	81,2	211,9
6	177,0	85,2	214,1
7	174,8	83,0	213,8
8	176,5	84,1	212,5
9	174,8	83,4	214,5
10	175,4	85,5	215,2
Promedio	175,3	83,6	213,8
S	1,58383115	1,86811967	1,69982385

Tabla N°44. Resultados de la determinación de AF (mg/kg) en tres formulaciones

Réplicas	F1	F2	F3
1	178,8	83,5	347,7
2	177,8	84,4	351,6
3	176,0	88,2	349,9
4	178,3	87,3	350,4
5	179,8	83,6	352,0
6	176,0	86,6	352,0
7	178,5	85,9	350,2
8	176,4	86,4	347,9
9	177,1	85,1	351,1
10	179,4	83,7	350,7
Promedio	177,8	85,5	350,3
S	1,387126927	1,64937564	1,53033076

Tabla N°45. Resultados de la determinación de P₂O₅ (mg/kg) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	0,8	1,1	0,3
2	0,8	1,1	0,3
3	0,8	1,0	0,3
4	0,8	1,1	0,3
5	0,8	1,1	0,3
6	0,8	1,1	0,3
7	0,8	1,1	0,3
8	0,8	1,1	0,3
9	0,8	1,1	0,3
10	0,8	1,1	0,3
Promedio	0,8	1,1	0,3
S	0,02516506	0,0284024	0,01012698



Tabla N°46. Resultados de la determinación de SO_4^{-2}
(mg/100g) en tres formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	97,3	116,9	92,6
2	101,0	120,6	92,4
3	99,3	117,4	91,9
4	98,8	119,4	96,8
5	99,6	116,8	92,9
6	100,9	117,7	90,9
7	98,4	119,3	96,8
8	95,3	117,3	93,9
9	97,6	117,9	94,0
10	95,7	119,1	95,6
Promedio	98,4	118,2	93,8
S	1,94944693	1,2843	2,04236274

Tabla N°47. Resultados del cálculo del %V en tres
formulaciones de compost

Réplicas	F1	F2	F3
1	8,6	20,7	2,2
2	8,6	20,5	2,2
3	8,6	20,5	2,1
4	8,7	20,2	2,3
5	8,6	21,2	2,3
6	8,6	21,0	2,5
7	8,6	19,9	2,3
8	8,5	21,5	2,4
9	8,5	21,1	2,3
10	8,5	20,8	2,3
Promedio	8,6	20,7	2,3
S	0,07378648	0,49833166	0,11246728