

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO - FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS



DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS

**“APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA OBTENER COMPOST DE LA
EMPRESA CAÑA BRAVA”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AMBIENTALES**

EJECUTOR: Ing. JULIO PEDRO ATOCHE CORNEJO, M. Sc

ASESOR: Dr. MARIANO CALERO MERINO, M. Sc

**Línea de Investigación: Aprovechamiento y Gestión Sostenible del Ambiente
y los Recursos Naturales**

Sub Línea de Investigación: Mejoramiento y aprovechamiento de suelos

**Piura, Perú
2023**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO - FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS



DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS

**“APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA OBTENER COMPOST DE LA
EMPRESA CAÑA BRAVA”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AMBIENTALES**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Julio Atoche", is written over a faint, light-colored watermark of a gear.

**M.Sc. JULIO PEDRO ATOCHE CORNEJO
EJECUTOR**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mariano", is written over a faint, light-colored watermark of a gear.

**Dr. MARIANO CALERO MERINO, M. Sc.
ASESOR**

**Piura, Perú
2023**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO - FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS



DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS

**“APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO
DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA OBTENER COMPOST DE LA
EMPRESA CAÑA BRAVA”**

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR:

Dr. José Raúl Rodríguez Lichtenheldt
PRESIDENTE

Dr. Wilson Geronimo Sancarranco Cordova
SECRETARIO

Dr. Cesar Augusto Reyes Peña
VOCAL

Dr. Wilmer Arevalo Nima
VOCAL

Dr. Hipolito Tume Chapa
VOCAL

Piura – Perú - 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo, **JULIO PEDRO ATOCHE CORNEJO**, identificado con DNI N°03898812, Ingeniero de Minas de la Facultad de Ingeniería de Minas, Magíster en Ingeniería Ambiental y seguridad Industrial, domiciliado en la Urb. Miraflores Country Club Manzana A Lote 15, distrito de Castilla, Provincia de Piura, departamento de Piura, celular: 957866644, e-mail: jatochec@unp.edu.pe.

DECLARO BAJO JURAMENTO: Qué la tesis de investigación que presento a la Oficina Central de Investigación (OCIN) es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de un trabajo de investigación desarrollado, y/o realizado en el Perú o en el extranjero, en caso de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. 411, del Código Penal concordante con el Art. 32° de la ley N°27444 y la Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.



Piura, 5 enero del 2022

Julio Pedro Atoche Cornejo
DNI N° 03898812

Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a los hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4 Inciso 4.12 del Reglamento de Registro Nacional de Trabajos de Investigación, para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI Resolución de Consejos Directivos N° 033-2016-SUNEDU/CD.

DEDICATORIA

Al Divino Creador: Gracias a Él existimos, nos desarrollarnos en este mundo acogedor.

A mis padres: Pedro Miguel y Violeta Cornelia por su bendición para ser mejores en la vida;

A mi esposa: Jenny Judith por el impulso cotidiano durante mis estudios doctorales.

A mis hijos: Cristopher, Gabriel y Mariafé fortaleza de mi existencia.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Mariano Calero Merino, M. Sc, por su experiencia, orientación, enseñanza, incentivo y amistad recibida.

A los profesores del Programa de Doctorado de Ciencias ambientales, (PRODOCIAM) por el apoyo constante durante el proceso de la investigación.

A mis Padres, familiares, colegas y amigos, que, durante mis estudios doctorales, me brindaron sus consejos e intercambio de conocimientos.

A los Funcionarios y técnicos de la Empresa Caña Brava, por su apoyo en la realización de los experimentos de campo y estadía placentera.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	4
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.1.1 Planteamiento del Problema	4
1.1.2 Formulación del Problema	5
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1 General	5
1.2.2 Específicos	5
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	6
1.4.1 Hipótesis General.....	6
1.4.2 Hipótesis Específicas	6
1.4.3 Variables.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.1.1 Artículos científicos.....	8
2.1.2 Tesis	12
2.2 Bases teóricas del compostaje.....	15
2.2.1 Fundamentos teóricos	15
2.2.2 La calidad del compost.....	26
2.3 Definición de términos básicos.....	27
CAPÍTULO III: MATERIAL Y MÉTODOS.....	33
3.1. Materiales	33
3.2. Método y alcance de la investigación.....	39
3.2.1 Método de investigación del compost	39
3.2.2 Alcances de la investigación	51
3.2.1 Diseño de la investigación.....	51
3.2.2 Procedimiento experimental	51
3.2.3 Población y muestra	51
3.2.4 Técnica de recolección de datos	51
3.2.5 Técnica de análisis de datos	52

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información	58
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	3988

INDICE DE TABLAS

- Tabla N° 1: Operacionalización de Variables en Estudio.
- Tabla N° 2: Relación de C/N de distintos materiales orgánicos
- Tabla N° 3 Resultados de los análisis de 5 muestras tomadas al azar en el compostaje preparado en Caña Brava.
- Tabla N° 4. Total, de cada subproducto.
- Tabla N° 5. Métodos utilizados en los análisis de los indicadores del compostaje
- Tabla N° 6. Relación C: N de algunos materiales usados en el compostaje
- Tabla N° 7. Planilla de seguimiento de labores de compostaje
- Tabla N° 8. Planilla de seguimiento de labores de compostaje
- Tabla N° 9. Resultado de la muestra 01
- Tabla N° 10. Resultado de la muestra 02
- Tabla N° 11. Resultado de la muestra 03
- Tabla N° 12. Resultado de la muestra 04
- Tabla N° 13. Resultado de la muestra 05
- Tabla N° 14. Comparación del análisis de cachaza, bagazo y ceniza
- Tabla N° 15. Resultados físico - químicos de otro experimento
- Tabla N° 16. Etapas del compostaje en la distribución de la microbiota

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Variación de la actividad microbiológica en las etapas del compost.
- Figura 2. Grados de humedad del material orgánico.
- Figura 3. Variación de temperatura en las etapas de la descomposición del compostaje.
- Figura 4. Modalidades de volteo según número de pilas
- Figura 5. Tamiz usado en las labores de cernido
- Figura 6. Elección del lugar y coordinación del proceso del compost
- Figura 7. Preparación e instalación del equipo para el compost
- Figura 8. Muestreo de los subproductos en el proceso de compost
- Figura 9. Preparación de muestras de compost
- Figura 10. Medición y proporciones de las muestras de compost en el laboratorio
- Figura 11. Muestras en proceso de etapa Bioxidativa
- Figura 12. Producto final del compost en su fase de maduración
- Figura 13. Compostaje madurado
- Figura 14. Cuarteo de Muestra de Compost
- Figura 15. Proceso de secado
- Figura 16. Molienda de muestra.
- Figura 17. Pesado De Muestras En Balanza Analítica.
- Figura 18. Filtrado De La Muestra Después Del Ataque
- Figura 19. Filtrado Al Vacío Del Precipitado Del Fosforo
- Figura 20. Análisis De Fosforo Y Pentóxidos De Fosforo P_2O_5 : Con Este Análisis Se Obtiene El P_2O_5 .
- Figura 21. PRECIPITACIÓN DEL FÓSFORO: el fosforo se precipita con una solución acida de heptamolidado de amonio.
- Figura 22. TITULACIÓN DEL FÓSFORO Y FIN DE LA TITULACIÓN: obteniendo el precipitado del fosforo se cuantifica con una solución estandarizada de hidróxido de sodio.
- Figura 23. Indicadores de evaluación de la muestra 01
- Figura 24. Indicadores de evaluación de la muestra 02
- Figura 25. Indicadores de evaluación de la muestra 03
- Figura 26. Indicadores de evaluación de la muestra 04
- Figura 27. Indicadores de evaluación de la muestra 05
- Figura 28. Indicador pH de las cinco muestras
- Figura 29. Indicador de cobre y zinc de las cinco muestras
- Figura 30. Proyección futurista de la agricultura en función de la deficiencia de abonos orgánicos.
- Figura 31. Sistema Buffer (Baffer) Natural y la Actividad Microbiana

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz Básica De Consistencia

Anexo N° 02: Tabla Matriz de Evaluación para verificar la calidad del compost

Anexo N° 03: Certificado del Informe del Análisis del compostaje

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue ejecutar el proceso de compostaje de los subproductos de la empresa Caña Brava, derivados del alcohol y azúcar, elaborando una base de datos, estándares de calidad, mediante metodologías internacionales, para estudiar los atributos físico - químicos, morfológicos y biológicos, cuyo compostaje elaborado fue de excelente calidad, permitiendo que el CO₂ en el suelo, se convierta en sumidero mitigando el efecto invernadero. Los parámetros analizados fueron: pH 7.38; conductividad eléctrica 1.82 dS*m⁻¹ muy ligeramente salino; humedad 35%; materia orgánica 25%; carbono/ nitrógeno 11.6:1; nitrógeno total 0.274%; óxido de fósforo 1.42%; óxido de magnesio 0.308%; óxido de potasio 1.28%; cobre 149 ppm, óxido de manganeso 0.112% y zinc 300 ppm; la densidad aparente del sustrato fue de 0,27 g.cm⁻¹, al evaluar los resultados, se concluye además, que los subproductos de la empresa Caña Brava convertidos en compostaje de buena calidad, generan múltiples beneficios al mejorar los terrenos eriazos e irrigados, la producción de etanol y azúcar a precios más económicos.

Palabras clave: atributos físico-químicos, caña de azúcar, compostaje, sumidero, subproductos.

ABSTRACT

The objective of this research was to execute the composting process of the by-products of the Caña Brava company, derived from alcohol and sugar, elaborating a database, quality standards, using international methodologies to study the physical-chemical, morphogenetic and biological attributes, whose compost was of excellent quality, allowing the CO₂ in the soil to become a sink, mitigating the greenhouse effect. The parameters analyzed were: pH 7.38; electrical conductivity 1.82 dS*m⁻¹ very slightly saline; humidity 35%; organic matter 25%; carbon/ nitrogen 11.6:1; total nitrogen 0.274%; phosphorus oxide 1.42%; magnesium oxide 0.308%; potassium oxide 1.28%; copper 149 ppm, manganese oxide 0.112% and zinc 300 ppm; the apparent density of the substrate was 0.27 g.cm⁻¹, when evaluating the results, it is also concluded that the by-products of the Caña Brava company converted into good quality compost, generating multiple benefits by improving the eroded and irrigated land, the production of ethanol and sugar at more economical prices.

Key words:

INTRODUCCIÓN

Verisk Maplecroft del Reino Unido (2022), señala que a nivel global se produce más de 2.100 millones de Toneladas Métricas (TM) de desechos cada año, lo que pudiera llenar más de 800.000 piscinas olímpicas, siendo reciclados sólo el 35% de los desechos, de los cuales Estados Unidos de América (EUA) es el país que genera tres veces más que el promedio por persona a nivel mundial, o sea 12% (cerca de 239 TM), aunque representa el 4% de la población mundial, mientras que China e India generan un 27% de los residuos globales, Indonesia y Brasil juntos producen 10% menos basura que EUA. Otras fuentes indicaban que cada año se recolecta en el mundo una cantidad estimada de 11.200 millones de toneladas (MT) de residuos sólidos, mientras que la desintegración de la proporción orgánica de estos residuos, contribuyen aproximadamente al 5 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). Por cada TM de papel reciclado, se pueden salvar 17 árboles y un 50 % de agua. Reciclar también crea empleos, cuyo sector da trabajo a 12 millones de personas solo en Brasil, China y Estados Unidos.

A nivel internacional, el desecho del plástico producido a lo largo de la historia, se ha reciclado el 9%, un 12% incinerado y el 79 % restante, se ha acumulado en vertederos, basureros o en el medio ambiente, siendo necesario el reciclarlo. Cada minuto, se compran un millón de botellas de plástico y se usan hasta 5 billones de bolsas plásticas y luego desechadas. Por su parte, los desechos electrónicos crecieron de 5,3 a 7,3 kilogramos (kg) per cápita al año entre 2010 y 2019, aumentando su reciclaje a un ritmo mucho menor: de 0,8 a 1,3 kg. Las actividades antropogénicas motivadas por el lucro desmedido, vienen sobrexplotando los recursos naturales terrestres, contribuyendo a incrementar los GEI, generando el calentamiento global y por ende el cambio climático (CC) afectando los ecosistemas y alterando la fenología de los cultivos, en desmedro de la producción y productividad agrícola. El proceso de compostaje reduce hasta un 80% la emisión de GEI hacia la atmósfera, obteniendo como resultado “compost” apto para la recuperación de suelos, la fertilización de cultivos y la producción más limpia de alimentos. Como se puede apreciar, el compostaje es una herramienta clave para contribuir a que la basura orgánica no llegue a los rellenos sanitarios ni botaderos ilegales, sino por el contrario, que sea aprovechada económicamente y tenga un nuevo uso. MM

En el Perú, el Ministerio del Ambiente - MINAM (2015), señala: cada día se generan más de 18 mil TM de basura, de los cuales el 58.75 % son residuos orgánicos, el 18.60% reciclables, el 14.28% no aprovechables y el 8.37 % son peligrosos, siendo generadas 8.468 Tm en Lima, con una infraestructura insuficiente para el tratamiento de residuos sólidos, existiendo sólo 34 rellenos sanitarios, que disponen el 52% de la basura generada en el país; el resto, se arroja en botaderos ilegales como playas, ríos, quebradas o terrenos descampados, donde el metano (CH₄) es 21 veces más contaminante que el dióxido de carbono (CO₂). En Piura...

Consideramos que la mejor alternativa de emergencia para salvar la carencia de abonos, es la producción de compost, en este caso aprovechando los subproductos de la industria de alcohol "Caña Brava" donde cerca del 70% de los residuos que se generan, pueden aprovecharse racionalmente y convertirse un 54% de material orgánico, utilizados para el compostaje o "composting", en cuyo proceso biológico, los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos sólidos como la hojarasca, bagazo, cachaza, melaza y residuos del deshierbo), cuyo insumo permitirá aumentar la concentración de elementos esenciales en la solución suelo.

El compost permite el reciclaje de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y el costo de fertilizantes, como insumos para la producción agrícola. Los productos relacionados con el compostaje son muy beneficiosos, pudiendo obtener té de compost, vermicompost, productos solubles; permite el aprovechamiento de residuos, transformación y uso de materia orgánica (MO), conservación y mejora de la salud de los controladores de enfermedades de los cultivos, insectos, malezas, asociaciones simbióticas para las raíces, reciclaje de materiales vegetales y mejorando las propiedades físicas de los suelos.

La fracción orgánica de la mayoría de los residuos sólidos de la caña de azúcar, está compuesta por proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, celulosa, lignina y ceniza. Si estos materiales orgánicos se someten a descomposición aeróbica bacteriana, obtendremos humus conocido como compost, rico en N, P S y otros elementos químicos, cuya transformación permite superar la fitotoxicidad de la M.O fresca no estabilizada, reducción de virus, bacterias, hongos, parásitos (patógenos para los seres bióticos) disminuir el riesgo para la salud y producir un fertilizante orgánico o un acondicionador de suelo, reciclando a partir de los subproductos de la caña de azúcar.

Considerando, que la empresa Caña Brava en la fabricación de etanol, desecha residuos orgánicos, por lo tanto, el presente trabajo de investigación permitió fabricar el compost a partir del bagazo, melaza, productos inorgánicos desechables, cachaza y todo tipo de residuo industrial, cuyo producto final sirvió como abono orgánico, cuyos elementos N, P, S, Ca, Mg, K, Na, vienen mejorando los rendimientos con menores costos de producción y proyectados para otros cultivos en huertos familiares de la región.

Caña Brava, viene cultivando más de 9500 ha en la producción de la caña de azúcar, para obtener Alcohol Anhidro. Se estima que estas áreas capturan más de 26 kg de CO₂ en el proceso de fotosíntesis, por la producción de un galón de combustible etanol. Debido a este producto del Gasohol, se está reduciendo, por cada galón de uso en 4 kg de CO₂, en comparación al uso de los combustibles fósiles, que emanan por cada consumo de galón, 10 kg de CO₂.

Frente a la problemática de la polución del medio, el presente trabajo titulado “Aprovechamiento de los subproductos del proceso de la Caña de Azúcar para obtener compost de la Empresa Caña Brava”, el cual, contribuye para incrementar las siembras y utilizar como fertilizante el compostaje en el uso de estas plantaciones para sus procesos industrializados; asimismo, hacer y crear un compostaje de buena calidad para el mejoramiento de los nutrientes de las plantas, con esta finalidad, se pueden hacer y continuar estudios en mejorar y crear diferentes tipos de combustibles más limpios y sostenibles para el consumo y actividades que desarrolla el ser humano.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del Problema

A través, de la evolución del hombre y todos los aspectos que ha ejercido para su existencia, el suelo ha percibido todos los contaminantes proporcionados por la humanidad, aún más con los avances de la tecnología ha incrementado estos desechos y residuos que observamos en nuestro entorno ambiental, por eso, se debe dar una importancia absoluta en el cuidado, conservación y tratamiento de los suelos ya que gracias a estos se obtiene toda la flora que ayuda a combatir y captar los gases contaminantes. Como lo indica MINAN (2012): “los residuos sólidos son desechos orgánicos e inorgánicos que se generan tras el proceso de fabricación, transformación o utilización de bienes y servicios. Si estos residuos no se manejan adecuadamente, producen contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas”.

En las últimas décadas las fábricas azucareras son consideradas como “Fuentes altamente contaminantes”, debido al uso inadecuado de los subproductos industriales que generan estas industrias durante el proceso de fabricación de la caña de azúcar como la vinaza, la cachaza, la ceniza e impurezas minerales como por ejemplo la cáscara de caña con barro y un bajo porcentaje de bagazo. Todos ellos se consideran como “residuos sólidos e impurezas del proceso productivo”.

La fábrica azucarera Caña Brava produce tallos molidos por lo cual, por cada TM se obtiene: 7 Kg de cenizas, 258 Kg de bagazo y 35 Kg de cachaza. Esta última se acumula fuera de la fábrica, ocasionando efectos contaminantes desfavorables. De acuerdo, a la XXXII Conferencia Regional de FAO para América Latina (2012) en Buenos Aires, se acordó el aprovechamiento de los residuos, transformación y uso de la materia orgánica, mediante la técnica del compostaje, el cual permite el reciclaje de residuos orgánicos (flora, fauna), reduciendo la contaminación y el costo de fertilizantes como insumos de producción agrícola, siendo necesario elaborar abonos orgánicos, para difundir tecnologías apropiadas y obtener té de compost, vermicompost (lombrices de tierra), que permita la sostenibilidad, incremento de la fertilidad del suelo y producción agrícola, no sólo a escala empresarial sino también familiar.

En el Perú contamos con herramientas de planificación en residuos, como, por ejemplo: Los Estudios de Caracterización (EC) el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) y los Planes de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS), que evidencian prácticas en la gestión integral de los residuos sólidos.

Por lo tanto, con el presente trabajo, se ha pretendido procesar los materiales orgánicos de la fábrica Caña Brava, cuyo producto final fue el compostaje, que constituye un producto orgánico rico en nutrientes, para mejorar la agricultura, cuyos productos de exportación mejoran la economía de los agricultores, además, se mitiga el cambio climático, evitando que el CO₂ regrese a la atmósfera e incremente el efecto invernadero.

1.1.2 Formulación del Problema.

Problema General

¿Cómo aprovechar los subproductos del proceso de la caña de azúcar para obtener compost de la empresa Caña Brava?

Problema Específico

¿En qué medida los residuos orgánicos de la empresa Caña Brava convertidos en compost, mejoran la fertilidad de los suelos?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 General

Ejecutar el proceso de compostaje de los subproductos de la empresa Caña Brava, para aprovechar sus beneficios físico, químico y biológico mejorando la producción de los cultivos.

1.2.2 Específicos

- Elaborar una base de datos a partir de los estándares de calidad que presenta el compost con estos subproductos.
- Utilizar los subproductos para elaborar el compost en beneficio de los suelos agrícolas de la empresa Caña Brava.
- Preparar un compost de calidad a nivel comercial y reducir los costos en la empresa Caña Brava.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad, hay la necesidad de aprovechar los beneficios de los residuos o desechos de los elementos bióticos, para convertirlos en compostaje, cuya materia orgánica humificada, ofrece múltiples beneficios a los suelos, mejorando la estabilidad estructural, la aireación, la permeabilidad y extremos texturales, aumentando la capacidad retentiva de humedad y temperatura, reduciendo la plasticidad, cohesión y pérdida de material erosivo; además, a nivel químico: reduce la fijación de P, atenúa la retrogradación de K, aumenta la CIC, regula el pH y aporta los nutrientes N, P, S, [...], y biológicamente, el humus es el sustrato de la microfauna, tal como los microorganismos nitrificantes que son la base de la Rhyzibiología.

La calidad del compost para el uso agrícola, es esencial para obtener mejor y mayor producción de las cosechas, lo cual requiere un compost rico en nutrientes, en este caso, los subproductos de Caña Brava (cachaza, vinaza, ceniza, bagazo e impurezas minerales como la cáscara y otros), permiten ameritar el presente trabajo de pesquisa, utilizando los materiales orgánicos de la caña de azúcar, estudiando su composición y su uso en beneficio de la Empresa y los huertos familiares aledaños, cuya venta mejorará la economía de la empresa. dicho producto, cuyos cultivos orgánicos son los más cotizados a escala mundial.

1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1 Hipótesis General

Los subproductos adquiridos en el proceso del azúcar y alcohol etílico, poseen una fuente potencial rica en nutrientes, a partir de residuos industriales, para la fabricación de mejoras orgánicas sólidas, como el compost para rehabilitar terrenos eriazos y/o agotados por la sobreexplotación agrícola.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Los datos obtenidos en esta pesquisa, serán indicadores de la calidad del compostaje.
- El compost obtenido mejora las áreas de cultivo de la empresa Caña Brava y huertos de la zona.

- Los subproductos del compostaje elaborado, reducirán los costos de industrialización en la empresa Caña Brava.

1.4.3 Variables

1.4.3.1 Identificación de las Variables

Variable independiente: subproductos del proceso de la caña de azúcar.

Variable dependiente: El Compost

1.4.3.2 Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de Variables en Estudio

Variables	Definición Operativa	Dimensiones	Indicadores de Evaluación	Instrumentos de Recolección de Datos
Subproductos del proceso de la caña de azúcar	Son los resultantes del proceso de la elaboración del alcohol etílico y el azúcar.	Cachaza, vinaza, ceniza, impurezas minerales (cáscara con barro) y bajo porcentaje de bagazo.	pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, retención de humedad, C/N carbono orgánico oxidable total, nitrógeno total, fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc.	Tabla comparativa
Compost	Material compuesto por restos orgánicos que pasan a un proceso bioquímico, obteniendo abono orgánico.	Material Orgánico	pH, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, retención de humedad, relación C/N, carbono orgánico oxidable total, nitrógeno total, fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc.	Tabla comparativa

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Artículos científicos

Wang, W. (2021) *Mejorar la maduración del compost de estiércol de cerdo y paja de arroz mediante la aplicación de bioaugmentación. Informe científico.*

En este trabajo se han analizado los microorganismos que descomponen el xilano, la celulosa, las proteínas y el almidón; análisis químicos: carbono, pH, la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) y la actividad enzimática entre estos microorganismos aislados que fueron inoculados en el compost, midiendo la dependencia con la relación C/N , las enzimas y la tasa de maduración del compost. Fueron aisladas las bacterias y un microorganismo comercial *Phanerochaete chrysosporium*, concluyendo que la cepa C1 aislada de *Kitasatospora phosalacinea* (celulosa), presentó la mayor actividad enzimática a 31°C y pH 5.5; la relación C/N fue de 0,8. El microorganismo aislado con xilano degradado *Paenibacillus glycanilyticus* X1, tuvo la mayor actividad enzimática a 45°C y pH 7.5; la relación C/N fue 0.5. El microorganismo degradado en almidón se identificó como *Bacillus licheniformis* S3, y se estimó que sus actividades enzimáticas más altas se desarrollaron a 31 °C y pH 7.5; la relación C/N era 0,8. La mayor actividad enzimática del microorganismo degradado en proteínas *Brevinacillus agri* E4, se obtuvo a 45 °C y pH 8.5; la relación C/N fue de 1 en el compost inoculado con *P. Chrysosporium* mayor en el compost no inoculado, y la maduración fue la más baja que los inoculados. La relación C/N inicial óptima del compost, fue 27.5 y la final 18.9; la inoculación secundaria beneficia a la maduración del compost, con una relación C/N final de 17.

Ansari, M.(2021). *Comparación del compostaje con bagazo de caña de azúcar fermentado y pre tratado químicamente para biorrefinería sin residuos. Revista de ciclos de materiales y gestión de residuos.*

Las industrias azucareras producen una gran cantidad de desechos de bagazo de caña de azúcar (SCB), utilizadas como materia prima en las biorrefinerías; pero, no se consideran los residuos pre tratados o fermentados resultantes; el reciclaje de SCB pre tratado a través del compostaje, se efectuó enfocando la gestión de residuos ecológicos. Este estudio fue diseñado para reciclar y evaluar la biodegradación de diferentes tipos de SCB fermentado y pre tratado químicamente, que se utilizaron como agente de carga en condiciones de

compostaje, mientras que SCB sin tratar, se estableció como control. Después de 112 días, los abonos se consideraron maduros a 23–29 °C con pH 7.1 - 7.3 y 30 – 35 % de contenido de humedad. El análisis gravimétrico y la espectroscopía FT- IR, sugirieron que el SCB compostado pre tratado y no tratado, mostró una reducción y deslignificación de celulosa significativa, respectivamente. Se seleccionaron semillas de grano negro (*Vigna mungo*) para una prueba fitotóxica, que mostró el índice de germinación utilizando compost Extracto > 80 %, significativamente más alto que el estiércol de ganado compostado, y los fertilizantes químicos. La capacidad de retención de agua (WHC) de compost fue mayor en el caso de SCB fermentado, sugiriendo la formación de mejor compostaje texturado. Los resultados pueden conducir al establecimiento de una biorrefinería de bagazo de caña de azúcar sin residuos.

Mazumder, P. (2021). *Mejora de las propiedades físico-químicas del suelo después de la aplicación del compost: Optimización utilizando la metodología de superficie de respuesta, que comprende el diseño compuesto central*. Revista de Gestión Ambiental.

La aplicación de compost ha sido reconocida como uno de los enfoques más prometedores, para preservar la calidad del suelo y la producción de cultivos. El presente estudio investigó exhaustivamente el impacto del Jacinto de agua Compost (WHC), *Hydrilla verticillata* Compost (HVC) y residuos vegetales Compost (VWC) sobre la calidad de los nutrientes y propiedades físicas del suelo, como la densidad aparente (BD), retención de agua y gravedad específica. Para el estudio, seis proporciones diferentes que constituyen el 5, 10, 15, 25, 35 y 45% del abono por peso del suelo. La tierra - compost, las mezclas se evaluaron en diferentes períodos (0, 15, 30, 45, 60 y 120 días) para varios nutrientes [Na, Mg, P, K, Ca, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Kjeldahl Total (TKN)], BD, capacidad de retención de agua, cambio en la gravedad específica y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se observó que al incrementarse el porcentaje de compost del 15 – 45 %, aumenta el valor nutritivo del suelo, mejorando su calidad al máximo, para WHC, HVC y VWC a los 60 días. Con base en las propiedades físico – químicas, optimizadas generadas a partir del modelo de la Metodología de superficie de respuesta (RSM), se encontró que en comparación con WHC y HVC, el VWC obtuvo mejores resultados, es decir, generó una baja densidad del suelo ($0.87 \text{ g} * \text{cm}^{-1}$, alta retención de agua capacidad (45.63 %) y 77.49 % de saturación del suelo.

Quevedo, M. (2020). *Evaluación de la aireación sobre la actividad microbiana del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado*. Revista Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

El objetivo de esta investigación, fue utilizar residuos de corona de piña como agente estructurante, para evaluar la influencia de los espacios de aire libre inicia, buscando favorecer la actividad microbiana y alcanzar un menor tiempo de estabilización del proceso de compostaje. La metodología consistió, en evaluar un diseño de bloques completamente al azar de pilas de compostaje de 200 kg de residuos de papa, camote y zanahoria en una relación 1:1:1 en peso (TA), mezcladas con coronas de piña al 10 % (TB) y 30 % (TC) en peso. Se monitoreó los espacios de aire libre, la relación C/N final, la respiración microbiana, la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la humedad, durante 105 días. Los resultados evidenciaron que los espacios de aire libre inicial están asociados directamente con la temperatura ($r = 0.60108$; $p = 0.0387$), la CE en el tercer muestreo ($r = 0.73414$; $p = 0.0066$) y el cuarto fue ($r = 0.73253$; $p = 0.0067$), así como inversamente con la respiración microbiana final ($r = 0.81385$; $p = 0.0013$). Los espacios de aire libre iniciales de TC (33.25 %), lograron un tiempo de estabilización menor con respecto a TB (25.42 %) y TA (20.83 %), confirmando la influencia de los espacios de aire libre iniciales mayores al 30% y el uso beneficioso de las coronas de piña como agente estructurante que podría mejorar con otros insumos.

Torres, E. et al (2019). *Evaluación de Abono Orgánico de Vinaza y Bagazo de la Caña de Azúcar para la producción ecológica de rabanito (Raphanus sativus L)*. Aporte Santiaguino.

Estudiaron el efecto del compost elaborado con subproductos de caña de azúcar, para obtener mayor rendimiento en el cultivo de lechuga, el objetivo fue determinar la dosis óptima del producto elaborado, cuyos componentes fueron: el abono orgánico obtenido con 28 kg de hierba seca, 22 kg de guano de cuy, 25 kg de bagazo y 25 litros de vinaza, realizado en Barranca, resultando que la prueba T5, sobresale en sus características físicas en relación a las demás, como peso de lechuga con 122.50 g, longitud de planta 23.75 cm, así también presenta un mejor rendimiento comercial con 11.87 TM, sin embargo, en el diámetro ecuatorial destacó el T4 con 19 cm. Químicamente, el T5 obtuvo menor porcentaje en $g(100g)^{-1}$, de materia seca de N, P, K, Ca, Mg, Na y en ppm similar cantidad de Cu en 2 ppm, pero $< Fe, Zn$ y B.

Kiehl, E. (2004). Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto.

Indica que el vocablo “compost” deriva de la lengua inglesa, dando origen a la palabra latina “compostaje” para indicar el fertilizante orgánico preparado a partir de restos vegetales y animales a través de un proceso denominado compostaje, esta técnica se desarrolló con el fin de obtener condiciones más rápidas y mejores en la estabilización de materia orgánica. El mismo autor define el término compostaje, como un proceso controlado de descomposición microbiana, de oxidación y oxigenación de una masa heterogénea de materia orgánica en el estado sólido y húmedo, pasando por las fases: una inicial y rápida de fitotoxicidad o de compuesto crudo o inmaduro, luego la fase de semicurado o bioestabilización, para alcanzar la tercera fase el curado, maduración o humificación acompañado de la mineralización de los componentes de la materia orgánica, produciendo calor y desprendimiento del gas carbónico y vapor de agua, cuya transformación es de carácter microbiano hasta producir humus.

De Mereidos, M. (1998). Impacto ambiental dos agrotóxicos na agricultura em: Biotecnologia de produção massal e manejo de *Trichogramma* sp., para o controle biológico de pragas (EMBRAPA).

Cada año mueren millares de personas intoxicadas por agrotóxicos, sea por manoseo, ingestión de alimentos contaminados, tejido adiposo humano concentrado de Bt, siendo mayor de 12 ppm (Estados Unidos), 19 ppm (Israel) y 26 ppm (India). La leche materna puede contener hasta 5 ppm de Bt, la leche de vaca 0.05 ppm. Al evaluar el impacto ambiental de los agrotóxicos en trabajadores rurales permanentes (tractoristas, ayudantes y administradores), se comprobó que la exposición a los agroquímicos fue a través de la aplicación de productos por tractor (81.17 %) y el resto en la manipulación de los materiales del compostaje, por ende, los agrotóxicos (órgano - sintético) son los instrumentos humanos que desestabilizan los ecosistemas, causan desequilibrios biológicos y perjudican a los enemigos naturales de las plagas.

Vargas, M.; Hungria, M. (1997). Biología dos solos dos cerrados - Brasil.

En el suelo se encuentran numerosos microorganismos, no hay en la biósfera, áreas libres de bacterias. Ellas pueden ser encontradas en suelos vírgenes y cultivados, limpios o contaminados; viven en las capas superficiales y subterráneas del suelo, en aguas dulces y saladas; conviven con plantas y animales pudiendo ser esta convivencia benéfica o

nociva. Hay cuatro mil especies bacterianas conocidas con influencia química y ecológica. Podemos encontrar *Azospirillum*, *Bdellovibrio*, *Cellvibrio*, *Spirillum*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Bradyrhizobium*, *Derxia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*.

Para los escritores como Shumann et al. (1993) y Inoko et al. (1979), el intervalo Carbono / Nitrógeno es calificada como una medida e indicador de maduración del 37 compostaje; Nogales et al. (año 1982) señala que la cantidad perfecta para el compostaje de RSU indica un total 20. Madrid et al. (2001) indica que un compostaje con incrementos cantidades de intervalo carbono / nitrógeno podría causar paralización de Nitrógeno en la tierra por su concentración. Cantanhede et al. (1993) indica en su estudio ejecutado sobre compostificación de restos orgánicos de los mercados de la ciudad de Lima - Perú, manifiesta que el intervalo carbono / nitrógeno del compostaje de los restos orgánicos al concluir el proceso tubo una variante de 12 y 17, lo cual expresa un compostaje sólido.

Para Álvarez (2013), el Carbono y el Nitrógeno se consideran los dispositivos limitantes para obtener un proceso apropiado de compost. En varias situaciones es indispensable combinar de dos o más materiales de residuos para balancear el intervalo carbono / nitrógeno a valores entre 25 - 30 y por ende agilizar la presencia microbiana apropiada y obtener un compostaje con un intervalo de Carbono/Nitrógeno adecuada. Por ello conviene mesclar los materiales de forma que, la ruma para el compost tenga un intervalo de C/N de 30. Por ejemplo, una mezcla de un: 30 % estiércol vacuno (20/1), 40 % residuo doméstico (15/1), 10 % residuo frutería (35/1) y 20 % paja (80/1), permite obtener un inervalo $C/N = 31.5$, en base a los distintos productos orgánicos, ver Abaco N °01

2.1.2 Tesis

Rivera, J. (2011) “Evaluación de Microorganismos Eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza”.

Esta pesquisa se efectuó en Puente Piedra - Lima, en Cerámica Rivera, con el fin de indicar el período del tiempo de compostaje a base de la metodología de EM (Microorganismos Eficaces), valorando la calidad de la sustancia del compostaje mediante los EM con el método convencional, evaluando el tipo de excremento (res, pavo y cuy), en

la cual hicieron seis pilas de compostaje, tres con el método convencional y las tres restantes con la aplicación de microorganismos disueltos en la formación de las pilas. Los datos y cambios de resultados de la temperatura fueron semejante a las tres pilas, obteniéndose valores por encima de los 40 °C, asegurándose del buen desarrollo de la fase termogénica, valorándose la higienización de los restos orgánicos para el compostaje y disminución de las emanaciones odorantes. Se analizó las características físicas del compost, cuyos colores fueron similares, pero con diferentes olores, debido a la aplicación de los ME, mientras que, con el método convencional, se obtuvo olores desagradables debido al H₂S, perjudicial a la salud humana. En la etapa final de su evaluación, se obtuvieron mayores valores en las tres pilas, en las comparaciones de todas las variables, se obtuvo muy buenas esencias o concentraciones de nutrientes y M.O, mejorando la calidad, enriquecidos por los elementos N, P, K en los rangos recomendados (pH 5 a 8.5) y los resultados de los nutrientes a base de los ME en el cuy, res y pavo, ocurrió en P entre 1.95, 2.28 y 2.35 %, en el K entre 2.56, 2.89 y 2.97 % y en N entre 1.64, 1.8, 1.96 %, dichos resultados fueron superiores al método convencional del estiércol de los mismos animales, se obtuvieron de K entre 2.44, 2.42 y 2.47 %, P entre 1.87, 2.01 y 2.12 %, y en el N entre 1.69, 1.72, 1.77.

Giménez, A. (2020). *Producción sostenible de Lechuga y Espinaca mediante el uso de compost y sus extractos*. Tesis para optar el Grado de Doctor en Técnicas Avanzadas en investigación, desarrollo agrario y alimentario - Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) – España.

El tipo de investigación fue experimental, donde se analizó el uso del compostaje de los restos orgánicos que generan problemas en el entorno ambiental y económicos, estudiando su reaprovechamiento como fuente de alimentos para las siembras y mejorar la producción de las cosechas, minimizando el uso de compuestos químicos tales como fertilizantes, plaguicidas, cuyas ventajas sostenibles redundan en la mejora económica de un país. El mismo autor señala que el compost procedente de residuos agroindustriales y sus extractos biológicos, puede ser considerado como un producto agrícola de valor agregado, que minimiza o limita la incidencia de patógenos y mejora la acumulación de compuestos nutricionales en lechuga y espinaca.

Investigadores de la Facultad de Agronomía de la UPCT, han utilizado el compostaje, como esencia electiva en cultivos hidropónicos, en recipientes flotantes, mejorando los nutrientes, disminuyendo los nitratos en hojas de hortalizas, pero incrementando sus vitaminas y el

volumen antioxidante. Los compostajes también ejercen una vigilancia minuciosa de patógenos como el *Pythium irregulare* (raíces y tallos) siendo una forma tan eficaz como la turba, concluyendo que los compostajes procedentes de los materiales agroindustriales y sus esencias biológicas, se le consideran como un material agrícola de costo agregado, que limita el éxito de patógenos e incrementa los compuestos nutricionales en la espinaca y lechuga.

Mollinedo, Z. (2014) “Determinación de la calidad de compost, ejecutado a partir de los restos sólidos orgánicos de la ciudad de Puerto Mayor Carabuco, de la Paz Bolivia”.

Se estudió la materia prima para elaborar compostaje, utilizando restos de sólidos orgánicos y residuos: cebada, avena, del lago chanco, excremento de vacuno y ovino, subproductos de la cosecha de haba y broza de tarwi (*Lupinus sp.*) Se observó que hubo una diferencia muy significativa entre los cuatro tratamientos, en función de las diferencias porcentuales y mezclas en los residuos orgánicos utilizados.

Bejarano Bejarano, E. P., & Delgadillo Acosta, S. M. (2007). “Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos generados del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Colombia -La Modelo” por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM).

Se analizaron las diversas alternativas para la elaboración de compost; determinando la densidad y caracterizando los residuos orgánicos generados, distinguiéndose entre la producción de sopa y seco como residuos orgánicos y la generación en el E.C. Bogotá. Los pesos promedio diarios fueron 336.58 Kg de sopa y 230.16 Kg de seco, se hicieron pruebas “in situ y ex situ” para cada tratamiento. Se implementaron dos tratamientos: En el primero, se utilizó aserrín, residuos de comida y pasto; en el segundo tratamiento, se utilizaron papel, cartón, residuos de comida y pasto. Se construyeron cuatro composteras para cada tratamiento, dos de las cuales se inocularon con EM, representando la mejor alternativa que fue E.C Bogotá, para la producción de compost. Se determinó la temperatura, pH y humedad con el primer parámetro, se evidenció cuatro fases en el proceso de compostaje: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración.

La máxima temperatura al finalizar el proceso, después de 43 días, fue de 40 °C. determinando la producción final de compost en peso y volumen, con mejores resultados en los cajones con EM, muestras enviadas al Laboratorio de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, donde se determinó humedad, pH, C/N, M.O y CIC, datos que permitieron hacer la respectiva recomendación del uso del compost obtenido en cada tratamiento para uso hortícola, ya sea maduro o joven. El resultado final al usar productos para el Establecimiento Carcelario, fue la cartilla de compostaje con EM elaborada por los investigadores, quedando como complemento de la cartilla ambiental dada por el INPEC para la formación de los internos que laboran en el Plan Ambiental Integral (PAI) (12).

2.2 Bases teóricas del compostaje

2.2.1 Fundamentos teóricos

En las explotaciones agrícolas, los residuos orgánicos, constituyen uno de los problemas ambientales de mucha importancia tales como: restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, fruta caída, bagazo de caña, cáscara de café, cacao entre otros. Por desconocimiento de los usuarios, éstos son quemados, enterrados o abandonados a intemperie hasta que se pudren (Román, P.; Martínez, M.M.; Pantoja, A. 2013). Los residuos orgánicos pueden transformarse en insumos valiosos para la producción agrícola.

Desde el punto de vista general la FAO, define al compostaje como la *“mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas, que se emplean para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes”*. La calidad del compostaje incluye etapas que deben cumplirse, de lo contrario podría generarse algunos riesgos tales como:

- . Fitotoxicidad. Un proceso deficiente en el manejo, hace que el N esté en forma amoniacal en lugar de nitrato, en condiciones de calor y humedad, se transforma en amoníaco, siendo tóxico para el crecimiento de la plantas, con malos olores, con inestabilidad debido a los ácidos orgánicos que son tóxicos para las semillas.
- . Bloqueo biológico del nitrógeno, conocido como “hambre de nitrógeno”. Esto ocurre cuando la relación C/N está desequilibrada con Carbono muy alto y se consume el N, agotando sus reservas.
- . Reducción de oxígeno radicular. Ocurre cuando se aplica al suelo material en plena descomposición, los microorganismos utilizan el oxígeno presente y lo agotan en la planta.

. Exceso de amonio y nitratos en las plantas contaminación de fuentes de agua. Éste se pierde por infiltración o por volatilización en el suelo, contaminando aguas superficiales y subterráneas; las plantas pueden extraer excesivamente los nitratos, afectando los frutos (ablandamiento, bajo tiempo post cosecha) en desmedro de la salud humana.

La Universidad de Quintana Roo, en el Programa de manejo integrado de recursos costeros (2001) México, aportan con otras definiciones:

El compostaje o composta, es el proceso de la descomposición de los desperdicios orgánicos en la cual, la materia vegetal y animal, se transforman en abono como resultado de un proceso biológico que estabiliza e higieniza los residuos orgánicos. La materia orgánica (M.O) de origen vegetal: bagazo de caña de azúcar, restos forestales o agrícolas, residuos de la industria agroalimentaria, hierba, pasto, hojarasca, aserrín, ceniza, desperdicios de la cocina: cáscara de fruta, fruta descartada, tortillas con moho, desperdicios de comida. De origen animal: estiércol y purines, vísceras, pelo, plumas, cueros, los cuales se pudren, dando lugar al compostaje. En la naturaleza este proceso ocurre mediante la humificación generando ácidos húmicos y fúlvicos. El compostaje se procesa para:

- i) No tener los desperdicios ni la basura regada o mosqueándose.
- ii) Ahorrar el costo de los abonos.
- iii) Cuidar el ambiente, obteniendo beneficio y un excelente fertilizante.

Entre los beneficios del compostaje tenemos: Constituyen una fuente de N, P, S y otros elementos; retiene la humedad del suelo, permite el paso del aire, controla la erosión, mejora la estructura del suelo, aumenta la M.O y la biomasa microbiana, reactivando los ciclos biológicos de los nutrientes del suelo, menor uso de fertilizantes, las plantas crecen más saludables conservando el ambiente y permite una agricultura orgánica.

Zavaleta, A. (1992), señala que la relación C/N en bagazo de caña de azúcar, se estima en 50, humus del suelo 10, estiércol 20, rastrojo de bosque y de maíz 30 y 60 respectivamente y aserrín 400. Para la obtención de compost se requiere el uso de bio residuos degradables de cocina, provenientes de hogares o restaurantes tales como: cáscaras de frutas, huevos, verduras, residuos verdes derivados del corte de césped, poda de árboles, jardines y parques. En el proceso de compostaje, suele usarse aguas residuales para reaprovecharlas y no terminen siendo vertidas en las playas o ríos.

Los subproductos orgánicos para el compostaje

La problemática ambiental en los métodos de explotación agrícola, son los residuos generados por los procesos agroindustriales, en las plantas de procesamientos de diversos productos económicos y rentables para el desarrollo de una nación; entre estos tenemos: restos de poda, cosecha, post cosecha, impurezas minerales, bagazo, cenizas, cachaza, los cuales son desechados por el servicio de empresas operadoras, así mismo; otro problema es la falta de espacio, cuyo almacenamiento se convierte en un egreso empresarial. Otro factor, es el tiempo de cuidado en la remoción del material, para evitar el contacto con los trabajadores o personas aledañas o animales que pueden ser afectados, influyen también, la quema de los residuos, material que se desperdician. En Caña Brava, los subproductos se encuentran a la intemperie de las canchas de almacenamiento, originando incendios favorecidos por la temperatura de combustión y ambiental, cuyo régimen es isohyperthermic con más de 22 °C anuales, propia de la Costa Norte del Perú.

En tal sentido, se puso en alerta esta condición de peligro que atentaba la seguridad industrial, problemática que dio origen a la presente pesquisa. En los establecimientos agropecuarios, hay productos sobrantes o desperdicios, que no se aprovechan por desconocimiento de los usuarios, pero existen agricultores que vienen preparando sus camas de compostaje, vermicompostaje para fertilizar sus tierras, aprovechando los desperdicios y generar un valor agregado en beneficio propio.

Según el Decreto Legislativo N° 1278, los residuos se clasifican, de acuerdo al manejo que reciben, en peligrosos y no peligrosos, según la autoridad pública competente para su gestión, en municipales y no municipales, de acuerdo al grado de descomposición, sea sea son biodegradables o no. Los residuos biodegradables están formados por recursos naturales renovables, como las frutas, restos de cosecha, estiércol de animales y los no biodegradables comprenden los plásticos, latas, chatarras y vidrio.

OBTENCIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS PARA EL COMPSTAJE EN CAÑA

BRAVA.

En esta empresa los elementos o subproductos para el compostaje, son obtenidos durante el desarrollo del proceso de la planta de etanol, los cuales se determinan de la siguiente manera:

- Artículos a base de cartón, papel (que no contengan tintes o algún producto químico), servilletas, pañuelos de papel sin contaminantes ni productos químicos.
- Resto de la madera trabajada como virutas de aserrín en capas finas.
- Restos de pelo no teñido y de animales cuando los rasuran.
- Todo tipo de residuos orgánicos, tal como los restos de cocina, frutas, hortalizas, alimentos caducados, la trituración de las cáscaras de huevo, residuo de la elaboración de la pulpa de café, infusiones de café, anís, cáscaras de frutos secos, rebanadas y trozos de piña, cítricos; tubérculos en rodajas germinadas.
- Excremento en los establos de ganado vacuno, caprino, ovino y porcino.
- Restos de cosechas, plantas secas de los jardines o huertos (necromasa) ramificaciones en trocos pequeños o trituradas, procedentes de podas de árboles o arbustos, hierba o heno segada, gras o césped seco o desgarrado en finas capas.
- Grasas o aceites comestibles en pequeña cantidad o esparcidas.

Para la selección de los materiales de compost no se debe utilizar material inerte, nocivos, inflamables, tóxicos, peligrosos o contaminados, los cuales pueden ser los siguientes:

- Alimentos cocinados como la carne de cualquier animal.
- Animales muertos que liberan C, H, O y N los cuales deben ser incinerados o compostados en pilas especiales.
- Residuos sintéticos o de los derivados de petróleo, como pegamentos, solventes, aceites motrices, pinturas y gasolina.
- Aglomerados de contrachapa de madera.
- Materiales con proceso lento de degradación: metales, vidrio, plásticos.
- Tabacos o cigarrillos que contiene amoníaco, biosida, nicotina y otros elementos tóxicos.
- Materiales de limpieza: detergentes, lejía y jabones.
- Restos de materiales o productos médicos, antibióticos y pastillas.

Una vez ingresado a la mesa de recepción todos los tallos de la caña de azúcar, éstos son transportados por una faja transportadora hacia los molinos de martillo, lo cuales

hacen el proceso de desfibrilación de todos los tallos en la cual se obtienen las impurezas minerales, que consta de la cáscara y barro de la cosecha; así mismo, en la continuidad del proceso ingresan a un difusor, donde se obtiene los jugos azucarados provenientes de azúcar de caña cruda, combinada con agua co alta temperatura elevdas, para tener la concentración de azúcares y luego el bagazo, extraído de la caña de azúcar cruda. En el proceso de la destilación, se obtiene el mosto o zumo por la fermentación del etanol a base de la levadura, llegando a obtener la vinaza, que se transporta hacia las canchas de almacenamiento de los subproductos, luego pasa a un tanque de 2500 litros, bombeándose a las pilas del compostaje.

Durante el proceso, la planta es alimentado por la energía proveniente del mismo bagazo, que abastece de materia prima o sólido combustible a la caldera, con emanación de los humos de combustión, cuyo monóxido de carbono, es retenido por mallas del lavador de gases donde se obtienen las cenizas.

El proceso del compostaje

El compostaje a través de los insumos de la industria agrícola, se pueden transformar sus residuos de una forma segura con el proceso biológico bacteriano y de oxidación; la mezcla de material orgánica en el proceso de descomposición en las condiciones aeróbicas, se utiliza para mejorar la fertilidad del suelo.

Parte de la transformación aerobia, son apreciados como compost, debiendo cumplir varias etapas para obtener una buena cantidad y calidad de compost, ante un proceso para la ejecución de compost si no ha cumplido con todo los pasos o requisitos para su elaboración puede correr el riesgo como:

Reducción de Oxígeno Radicular: llamada asfixia radicular, es el proceso donde el agua desplaza el oxígeno del suelo ahogando las plantas y raíces, esto ocurre por un encharcamiento, drenaje impedido habiendo mayor asfixia con menor cantidad de agua.

Bloqueo biológico del nitrógeno: también conocido como "hambre de nitrógeno". Ocurre en materiales que no han llegado a una relación Carbono: Nitrógeno equilibrada, y que tienen material mucho más rico en carbono que en nitrógeno.

Exceso de nitratos y amonio en las plantas y contaminación de fuentes de agua: si el compost presenta un incremento de nitrógeno que originaría su transformación en amonio,

si es la posibilidad de perderlo por filtración del suelo, porque afecta la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, asimismo, altera y es perjudicial a las plantaciones por la existencia de nitrato en mayores cantidades, dañando al fruto.

La base del compostaje es la materia que sufre un cambio o una alteración biológica, llegando a obtener tierra húmifera (abono orgánico) descompuesto por los microorganismos, de forma que cumplan con los pasos establecidos en lo que concierne la relación de nitrógeno/carbono, temperatura, aireación y humedad, que deben tener para la mejor fermentación aeróbica de estos elementos.

Después de obtener este compostaje completo, el suelo con humos, se denomina compost o abono agrícola, siendo impecable desde la óptica de higiene en la que se puede utilizar en la agricultura, horticultura, silvicultura en el mejoramiento y eficacia del suelo y del paisaje. Para impulsar el crecimiento de las plantas, se puede utilizar los desechos orgánicos para compostarlos, que constituyen una fuente potencial de N, P y S.

Fitotoxicidad: al no cumplir con el proceso de compostaje, dicho compost va a tener el nitrógeno en forma de amonio en vez de nitrato, siendo este el amonio que puede incrementar su temperatura y humedad convirtiéndose en amoníaco, por lo que se genera un medio tóxico y por ende emite malos olores.

Fases del proceso de compostaje

El equilibrio entre nitrógeno y carbono es solo una de las claves del compostaje. Además de los dos elementos químicos que aporta la materia orgánica, el proceso se desarrolla en presencia de oxígeno y agua, siguiendo cuatro fases bien diferenciadas, tal como señala el documento de la FAO. Las etapas son:

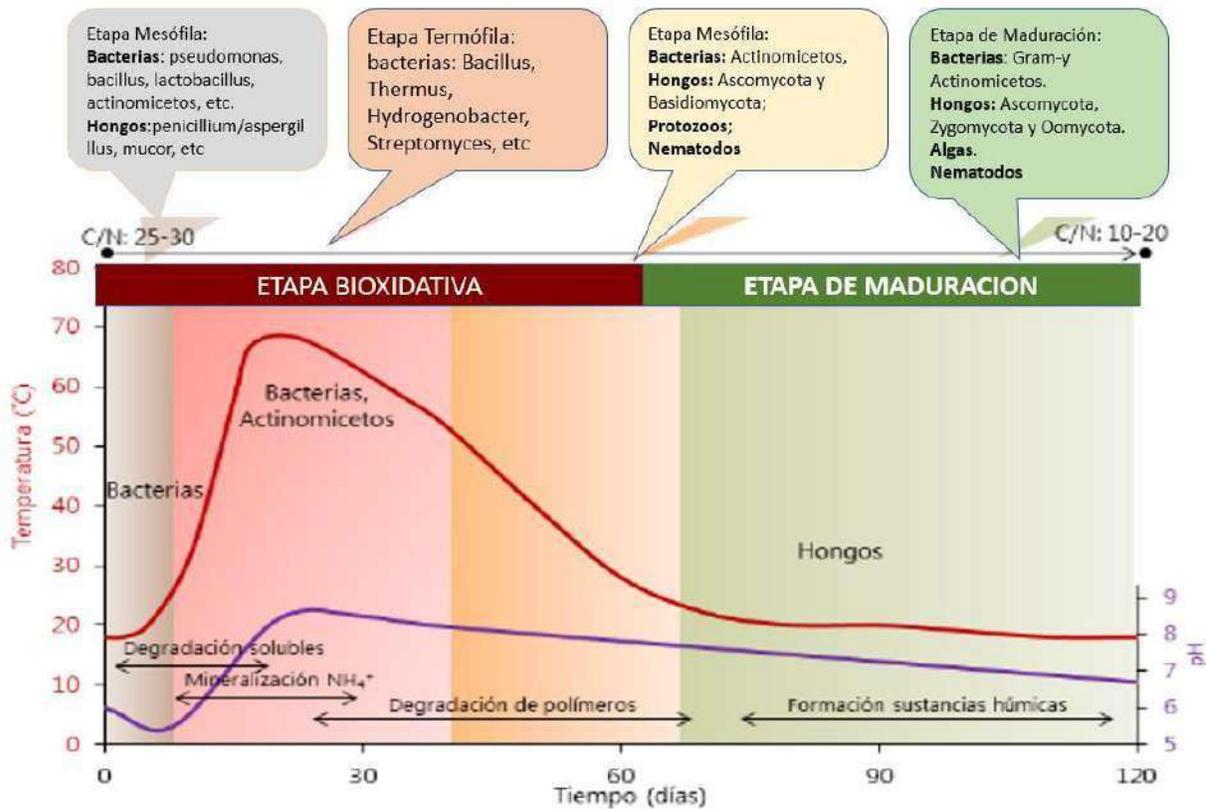
Etapa Mesófila: se basa en una temperatura que fluctúa entre 20-40 °C: en este caso los restos o residuos orgánicos inician el proceso de compost a la temperatura ambiental, asimismo, conforme avanza el tiempo, dicha temperatura sufre un incremento, debido a la acción microbiana, ya que los microorganismos ejercen su funcionamiento por las mismas fuentes sencillas de Nitrógeno y Carbono, las cuales producen calor; activando y predominando los Nocardiceae, que actúan entre dos a ocho días.

Etapas Termófila o de Higieneización: ocurre a una temperatura entre 40-60 °C: al momento que los restos o residuos ingresan a la etapa de descomposición, cuya temperatura puede alcanzar hasta los 45°C, generando una transición microbiana de mesófila a termófila.

Al momento que la temperatura se encuentra en su término medio, los microorganismos se desarrollan en mayor cantidad de bacterias termófilas, las cuales destruyen las fuentes más complejas de carbono, como la lignina y las celulosas. El amoníaco se genera por la transformación del nitrógeno, debido a los microorganismos, en consecuencia, el pH de la parte central se incrementa. El tiempo que demora esta etapa varía de semanas o meses, dependiendo del material utilizado para la elaboración del compostaje, influyendo también las condiciones atmosféricas y climatológicas, durante la presente etapa hay un incremento de temperatura, que destruye los contaminantes originados por el excremento].

Etapas Mesófila II o de enfriamiento: la temperatura fluctúa entre 40 – 45 °C, cuando se termina la participación del carbono y nitrógeno, generando o activándose la etapa de degradación de polímeros como la celulosa, en la cual brotan y se perciben los hongos; en esta etapa su proceso se genera por varias semanas la cual es de confusión con la etapa de maduración. Estas variaciones de temperatura se aprecian en la figura 1.

Figura 1. Variación de la actividad microbiológica en las etapas del compost.



Nota:

Etapa de Maduración: comprende una temperatura que disminuye entre 50 y 20 °C; siendo la parte terminal, donde la composición y tratamiento del compostaje, se mantienen a una temperatura ambiental, sin reacciones secundarias de condensación o polimerización de compuestos carbonatados para la formación de ácidos fúlvicos y húmicos. La Fig. 1, muestra el cambio de pH y temperatura del proceso de compostaje durante cuatro meses, desde la etapa Mesófila, Termófila, Mesófila, hasta la maduración.

Factores que afectan el proceso de compostaje:

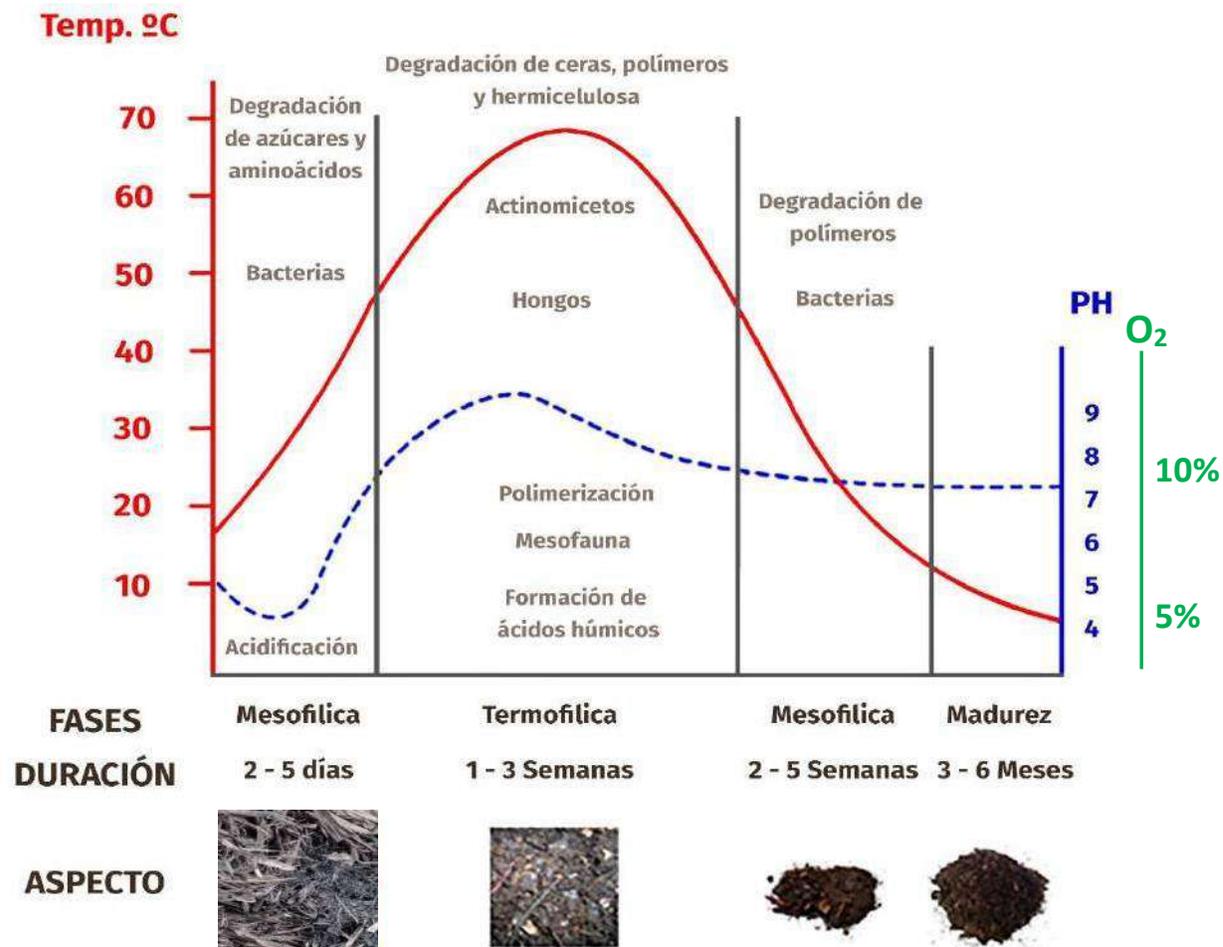
Humedad: disminuye paulatinamente en la ejecución del proceso, dependiendo de la frecuencia de volteo de la muestra, las condiciones ambientales diarias y el lugar de ubicación de almacenamiento de la muestra, está relacionada con los meses del año, disminuyendo el contenido de humedad por evaporación; durante el invierno y otoño, puede incrementarse la humedad, limitando la buena oxigenación del proceso, con pérdida de

nitrógeno, por la actividad microbiana aeróbica, creándose condiciones de reducción que favorecen la desnitrificación, como se aprecia en la fig. 2.

Figura 2. Grados de humedad del material orgánico.



Figura 3. Variación de temperatura en las etapas de la descomposición del compostaje.



Fuente: P. Roman, FAO

Temperatura: La actividad microbiana en la mineralización de los subproductos orgánicos, influye la temperatura en el compostaje, la cual varía según los objetivos de los subproductos o abonos orgánicos. Cuando la temperatura es $> 54\text{ }^{\circ}\text{C}$, se eleva la salinidad de la muestra, en cambio, si fluctúa entre 44 y $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, favorece la velocidad de descomposición, pero, si ésta es $< 44\text{ }^{\circ}\text{C}$, se mejora la actividad microbiana reduciendo la pérdida de nitrógeno (fig. 3).

La fig. 3 muestra una variación de temperatura que se inicia en la etapa mesofílica donde la temperatura es decreciente, en la etapa termofílica y mesofílica y de maduración decrece nuevamente.

pH: En la etapa inicial del compostaje se observa una caída del pH, por la liberación de ácidos orgánicos de la materia viva, a través, del proceso de descomposición continua y el tratamiento de los ácidos orgánicos, que se descomponen y liberan alto contenido de amoníaco, el cual general elevación del pH de 4.3 a 8.0 en el producto final. En la etapa mesofílica el pH es ácido, incrementándose en la termofílica, bajando en la mesofílica y en la maduración hasta la neutralidad.

Dióxido de Carbono: En los procesos aeróbicos, el oxígeno es un elemento muy importante para transformar el carbono presente, en las materias primas (alimentos) en energía como combustible mediante la oxidación el carbono, para transformarse en biomasa (aumento de microorganismos) y CO_2 , o gas generado por la respiración, el cual ingresa a las plantas como carbono en la fotosíntesis. El CO_2 es un gas que contribuye a incrementar el efecto invernadero, alterando todo el ecosistema y los cambios climáticos; Durante el proceso del compostaje, debido a la respiración de los microorganismos, hay liberación este gas, variando su concentración de acuerdo a los sustratos utilizados. Cada TM del proceso de compostaje, genera 2 a 3 kg de CO_2 , siendo subsumido por las plantas.

Los microorganismos que actúan durante el proceso de compostaje

Según el ambiente, condiciones del lugar y los sustratos, varían los microorganismos durante el proceso, de acuerdo al tiempo utilizado, se determina el tipo de compostaje, dependiendo de sus interacciones o participación durante el tratamiento en función de la actividad fúngica o bacteriana. En la etapa mesófila, actúan las bacterias de genero *Bacillus sp*, también

algunos termófilos, descomponiendo el material orgánico; las bacterias participan en un 10 %, mientras que los actinomicetos entre 15 a 30 %, actuando también levaduras y hongos.

En las diferentes etapas del compostaje, actúan varias especies de microorganismos tales como: hongos, bacterias, actinomicetos y filamentosos. La actividad metabólica de estos microorganismos, degradan los compuestos orgánicos; también los hongos filamentosos participan en la degradación aeróbica de la M.O y los actinomicetos descomponen el material orgánico y regulan la microbiota rizosférica.

Oxígeno: Este elemento es muy indispensable para el crecimiento de los organismos aeróbicos, interviene en el proceso de oxidación, es decir, mediante la pérdida de electrones, tal como ocurre cuando una madera se quema, en su ausencia ocurre la ganancia de electrones de los compuestos químicos, favoreciendo los organismos anaeróbicos, que afectan el proceso de maduración del compostaje, siendo necesario voltear el material durante todo el proceso.

El oxígeno en la parte central no debe bajar del 5 %, siendo el nivel recomendado de 10 %, el incremento de la aireación puede generar una baja en la temperatura y una pérdida de humedad por la evaporación, pudiendo paralizar el proceso por falta de agua, deshidratando los microorganismos y produciendo esporas, además, se generan malos olores por la acidez debido a la presencia de CH_4 , ácido acético, H_2S .

2.2.2 La calidad del compost

Es necesario conocer los parámetros y normas internacionales, que califican la calidad de un compost como ocurre en Australia, Colombia y Chile. En el caso del Perú, el Instituto de Investigaciones de Amazonía, sólo cuenta con pocos parámetros referenciales.

Al realizar el compostaje en las distintas formas, con diferentes subproductos o residuos, además de las condiciones atmosféricas y climáticas del lugar, se puede tener una variedad de calidad, la cual debe cumplir las exigencias normativas que según al mercado donde se va utilizar o aplicar, pero sus parámetros van estar o tendrán un mínimo de diferencia en la aplicación; por tal razón es necesario definir una buena calidad de compost de acuerdo con la experiencia del personal profesional, asimismo establecer los parámetros de acuerdo a los residuos y lugar de ejecución, pero controlando el proceso de compostaje que no estén fuera de estos parámetros y que se encuentren dentro o casi en un margen mínimo con lo permitido, así también como sus contaminantes que no sobrepasen su destino.

La calidad total de compost, es a través de la adición de sus diferentes propiedades y características físicas, siendo el criterio más relevante en la evaluación de la calidad de los destinos del producto, requerimiento de mercado y protección del entorno. A través de los parámetros químicos se puede determinar la calidad del compostaje, los cuales determinan la exactitud de cada sustancia y parámetros biológicos, con los que se puede evaluar la estabilidad de las muestras como un todo, pero desde un punto de vista más práctico, la etapa final o de madures del compostaje se puede medir en el potencial de uso para el sector agrícola.

Para definir la calidad total o final del compost, hoy en día es una tarea de mayor investigación, por lo que actualmente los laboratorios de foliares y análisis de suelos, optan por dar como resultado un análisis de compost de digestión total, donde se tiene información de los contenidos totales de nutrientes. Otros análisis que se realizan son: germinación, control de enfermedades, metales pesados y actividad microbiana. Los metales pesados son perjudiciales porque pueden afectar los alimentos, las aguas subterráneas, en general la fauna y flora, pudiendo ocasionar cáncer en las personas humanas. En la evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. J. Ansorena, E. Batalla y D. Merino (2022), indican que en el marco de la legislación del compost, los sustratos, las enmiendas y los abonos orgánicos, se valora la calidad del compost para sus diferentes usos posibles, desde la doble perspectiva legal y agronómica, en función de la naturaleza y origen de los biorresiduos de partida y del proceso de compostaje. Como consecuencia de las interacciones físicas, químicas y biológicas, que pueden darse entre los componentes de una mezcla, se destaca la importancia de caracterizar las mezclas en las que interviene el compost. Se describen los métodos oficiales de la Unión Europea para la caracterización de sustratos y enmiendas, con sus correspondientes limitaciones y oportunidades para la interpretación de los resultados analíticos.

2.3 Definición de términos básicos

Abonado: Consiste en agregar nutrientes al suelo, para recuperar las pérdidas por el uso intensivo, recobrando su fertilidad natural (natural o sintéticos).

Abono orgánico: Consiste en utilizar estiércol de ganado, desechos de origen animal y vegetal (residuos de cosechas), subproductos industriales orgánicos no tóxicos.

Aeróbico: Proceso que ocurre en presencia de oxígeno, condiciones aeróbicas que incentivan a las bacterias a descomponer el compost y funcione con éxito el proceso aeróbico.

Aireación: Es el proceso por el cual el aire circula, donde el oxígeno del aire en la fuente del residuo, debe ser < 5 - 7 %, indispensable en la actividad microbiana aeróbica, que beneficia el equilibrio de humedad por evaporación y favorece el equilibrio de la temperatura.

Amonio: Es una forma reducida inorgánica del nitrógeno (NH_4^+) es soluble en la solución del suelo, susceptible de perderse por volatilización.

Anaeróbico: Proceso en ausencia de oxígeno, el cual ralentiza el compostaje. Si esto ocurre durante el proceso, éste se ralentiza y desprende malos olores, como consecuencia de procesos de pudrición.

Bacterias termófilas: Grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40 °C a 70 °C. CDC: Centros Demostrativos de Capacitación.

Calidad del compost: Es la capacidad o aptitud para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública, dependiente de la calidad de sus compuestos originarios.

Compost maduro: Compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje.

Compost semimaduro: Compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje.

Compost: Este vocablo deriva de la lengua inglesa, que dio origen a la palabra compostaje, para indicar el fertilizante orgánico, preparado a partir de restos vegetales y animales, cuya M.O estabilizada se degrada en partículas finas y oscuras. Khiel, E. (2004). La definición agronómica: material sólido particulado, que ha sido higienizado y estabilizado mediante tratamiento biológico Ansorena, J.; Batalla, & Merino, D. (2014).

Conductividad eléctrica (CE): Capacidad de una sustancia para conducir o transmitir corriente eléctrica. En suelos o en agua, medida en (siemens). m^{-1} , o frecuentemente $dS \cdot m^{-1}$ y relacionada a solutos disueltos.

Descomposición (biótica y abiótica). Es la ruptura metabólica química, de materiales en componentes simples de un compuesto orgánico o mineral, mediante la acción de microorganismos, que mineralizan los sustratos orgánicos.

Dimensión de partículas: En la China, muchos investigadores ensayaron el tamaño de las partículas sobretodo en bagazo y hojarasca de caña de azúcar, trabajando con > 2, 5 y 10 cm, además, agregaron purín de cerdo al compostaje y concluyeron que las partículas entre 2 y 5 cm eran las ideales para la degradación y humificación de la materia orgánica; además, comprobaron que cuanto menor es el tamaño de los residuos, hay mayor proliferación de hongos (Iglesias, E., 2014). La granulometría de la materia de compostaje más conveniente para la agronomía, es la media-gruesa, diámetro de partículas esta entre 0.25 a 2.50 milímetros (Abad et al., 2008), por su parte Noguera *et al.* (2003) sostienen que las partículas con un \varnothing de 0.5 milímetros provocan canjes en las cualidades físicas del sustrato.

Estiércol: Material orgánico derivado de los animales conformado por heces y purín (orina), rico en nitrógeno, fósforo y potasio, rico en M.O, siendo favorable a la fertilidad del suelo y mejorar su capacidad de absorción y retención de agua.

Humedad. El contenido ideal en el compostaje varía de 45 – 60 %, pero Madrid *et al.* (2001) sostienen que la humedad del compostaje en la norma de España (BOE, 1998), posee una cantidad de 40 %, pudiendo ser dañado en las épocas de precipitaciones. La humedad ideal estará en el rango del 30 %, pudiendo llegar a 40 % (CEMPRE, 1998).

Humificación: Es el proceso de formación de ácidos húmicos y fúlvicos, a partir de la materia orgánica mineralizada.

Humus: Materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro, que ha perdido la estructura y la composición de la materia viva original alcanzando estabilidad.

Inoculante: Concentrado de microorganismos que se aplica al compost, para acelerar el proceso de maduración del compost.

Lavado o lixiviación de nitratos: Cuando el agua entra en contacto con fertilizantes nitrogenados o con estiércol, disuelve los nitratos y otros componentes solubles del estiércol y luego son lixiviados hacia los horizontes infrayacentes, pudiendo alcanzar las aguas subterráneas.

Macronutrientes: Elementos químicos necesarios en grandes cantidades para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas (generalmente 50 mg. kg^{-1}) tal como: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S.

Macroorganismos: organismos vivos que pueden ser observados a simple vista (arañas, lombrices, roedores, hormigas, escarabajos, etc).

Materia orgánica: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

Metales pesados: Se refiere al grupo de metales y metaloides de masa atómica relativamente alta ($> 5 \text{ g.cm}^{-3}$), especialmente los de transición, como el Pb, Cd y Hg, que pueden ser fitotóxicos.

Microflora: Son individuos demasiado pequeños, difícilmente observados a simple vista, requiriendo el uso del microscopio, tal como: actinomicetos, algas, bacterias y hongos.

Micronutrientes: Elementos químicos necesario en cantidades pequeñas (trazas) como Fe, B, Mn, Zn, Cu, Cl y Mo.

Microorganismos mesófilos: Grupo de bacterias y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje, entre los rangos de temperatura de $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Microorganismos: Organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias: actinobacterias, protozoos como nemátodos, entre otros).

Mineralización: Transformación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas.

Nitrato: Es una forma inorgánica del nitrógeno oxidado (NO_3) y es soluble en la solución del suelo, pudiendo perderse por lixiviación.

Nitrógeno: Elemento químico (N), peso atómico 14, constituyendo en la atmósfera el 78 %, es el responsable del color verde de las plantas como base fotosintética.

Orgánico: Un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre (C.H.O.N.S).

Patógeno: Microorganismo capaz de producir una enfermedad. Puede ser fitopatógeno, cuando la enfermedad se produce en plantas, o simplemente patógeno en otros seres.

pH: Es un parámetro que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. También se define como el logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno. Buol. S. et al. (1991). En cuanto al compostaje el pH en su principio es ácido (4,5 a 6,0) y luego permanecen en un medio alcalino de 7.5 a 9.0 en la fase final de la madurez. Satriana (1974).

Reciclaje de nutrientes: Ocurre cuando los nutrientes orgánicos e inorgánicos, se transforman y se mueven el suelo, en la atmósfera y en el agua. En la agricultura, se refiere a la absorción de los nutrientes por las plantas, ya sea de fertilizantes sintéticos u orgánicos.

Relación C/N. Expresa las unidades de carbono por unidades de nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos elementos favorecerá un buen crecimiento y reproducción, como se aprecia en la tabla 2.

Relación de C/N de distintos materiales orgánicos

Tabla N° 2: Relación de C/N de distintos materiales orgánicos

Material orgánico	Relación C/N
Residuos domésticos (FORSU)	15/1
Madera	6/1
Papel	170/1
Hojas (según el tipo de hoja)	Entre 40/1 y 80/1
Residuos de fruta	35/1
Estiércol de vaca	20/1
Tallos de maíz	60/1
Paja de trigo	80/1
Alfalfa	13/1
Humus	10/1
Trébol	16/1
Leguminosas en general	25/1
Paja de avena	80/1
Serrín	500/1

Fuente: Álvarez (2013).

Para tener un buen compostaje debe ser apropiada relación entre el Carbono y el Nitrógeno y así se pueda retener y aprovechar la mejor parte del nitrógeno y el carbono, Jhorar et al. (1991); Bueno et al. (2008) Los micro organismos se emplean totalmente 30 partes de Carbono por una parte de Nitrógeno; por tal efecto se considera que la relación de C/N , teóricamente es perfecto para el compostaje de una materia que es de 25 - 35. El intervalo C/N es significativo porque influye en la prontitud del proceso y en el término de amonio dentro del compostaje. Esta relación (C/N), garantiza la presencia de una buena proporción correcta de N hacia la suma de los elementos y de carbono como origen de energía. (Orozco et al., 2011), Si el intervalo de carbono y nitrógeno disminuye, genera amoniaco y por ende son más elevadas, el N puede ser un alimento restrictivo, porque no se podría resumir los elementos microbianos.

Madurez: García Céspedes, D., L. A, L. C., & Ruíz Gutiérrez, L. (2014), señalan que el compost es un producto de gran utilidad en la agricultura labrantía, cuya composición química varía de acuerdo a la elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales utilizados, cuya calidad depende de las propiedades físicas, químicas y

biológicas para proveer de nutrientes a los cultivos. El grado de maduración de los compost evita que se puedan generar problemas de contaminación y toxicidad a las plantas.

CAPÍTULO III: MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Se utilizó el material y equipo necesario tanto para fase de campo, tratamiento de los residuos en la empresa Caña Brava, laboratorio y gabinete (fase de análisis), de acuerdo a las metodologías planteadas y reconocidas a nivel global consignadas en el presente trabajo de pesquisa.

Localización de la zona estudiada: La empresa Caña Brava se encuentra ubicada en el Distrito: Ignacio Escudero, Provincia de Sullana, a una altitud 46 m.s.n.m. Carretera Ignacio Escudero a Tamarindo Km. 6 – Sullana.

Los materiales utilizados para preparar el compostaje fueron diferentes, de acuerdo a las etapas. En el campo, se utilizó palanas, barreta, cuchillo, tijeras de podar, guantes, balanza, horquetas y los residuos sólidos y líquidos emanados de la fábrica fueron: ceniza, vinaza, impurezas y bagazo, en diferentes pesos y porcentaje como se aprecia en la tabla 3.

Tabla N° 3

Resultados de los análisis de 5 muestras tomadas al azar en el compostaje preparado en Caña Brava

PESO DE MUESTRAS (KG)	1.1				1.2				1.2				1.2				TOTAL DE PESOS				
	MUESTRA:01				MUESTRA:02				MUESTRA:03				MUESTRA:04					MUESTRA:05			
	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	
	30%	30%	20%	20%	30%	25%	20%	25%	35%	25%	25%	15%	35%	25%	30%	10%	30%	25%	30%	15%	
PESO DE CADA SUB PRODUCTO	0.36	0.36	0.24	0.24	0.36	0.3	0.24	0.3	0.42	0.3	0.3	0.18	0.42	0.3	0.36	0.12	0.36	0.3	0.36	0.18	6

Tabla 4

Total, de cada subproducto

TOTAL DE CE	1.92
TOTAL DE VI	1.56
TOTAL DE IM	1.5
TOTAL DE PB	1.02

Donde: Ceniza → **CE**
 Vinaza → **VI**
 Impurezas minerales → **IM**
 Bajo % Bagazo → **PB**

3.2. Método y alcance de la investigación

3.2.1 Método de investigación del compost

El sustrato de compostaje se asumió utilizar la metodología de suelos así, la reacción del compostaje (pH), se utilizó la medida en el potenciómetro de la suspensión compostaje: agua, relación 1:1; la salinidad (CE)⁻¹, la conductividad eléctrica fue medida en el estrato de la pasta de saturación en dS*m⁻¹, la materia orgánica por Walkley y Black, oxidación del carbón orgánico con dicromato de potasio (%), % M. O = C.O (1724).

El carbón orgánico, a partir de la M.O: $\% C.O = \% M.O / ((100/78) * (100/58))$, por su parte el nitrógeno total fue obtenido por el método de Kjeldahl expresado en %. El fósforo disponible mediante la técnica de Olsen modificado extracción con NaHCO₃ = 0.5 M, pH 8.5; para el potasio disponible se utilizó extracción con acetato de amonio (CH₃ – COONH₄) IN; pH 7.0 como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5. Métodos utilizados en los análisis de los indicadores del compostaje

N°	INDICADORES DE EVALUACIÓN	MÉTODO	UNIDAD
1	pH	Potenciométrico, suspensión, sustrato agua, relación 1:1 - 1:5	Escala
2	Conductividad Eléctrica	Conductímetro (pasta de saturación)	dS*m ⁻¹
3	Humedad	Método de la estufa	%
4	Materia orgánica	Walkley y Black - dicromato de potasio	%
5	Carbón orgánico	A partir de la M.O %C.O= $\%M.O / ((100/78) * (100/58))$	%
6	Nitrógeno total	MicroKjeldahl	%
7	Carbono/ nitrógeno	Método por división C/N	-
8	Óxido de fósforo	Etamolibdato de amonio	%
9	Óxido de magnesio	Método de EDTA - Etilén - Diamida - Tetra-Acetato	%
10	Óxido de potasio	Método de EDTA - Etilén - Diamida - Tetra-Acetato	%
11	Cobre	Espectrofotometría	ppm
12	Óxido de manganeso	Espectrofotometría	%
13	Zinc	Espectrofotometría	ppm

El proceso para la elaboración del compostaje fue basado en los lineamientos de la FAO (2013), con modificaciones adaptadas a la realidad de la empresa Caña Brava. Las herramientas utilizadas fueron horqueta, palanas para agregar material, voltear y sacar el compost terminado, las Tijeras de podar para regular tamaño de partícula adecuado, de 10 cm; regadera, manguera, aspersor: para mantener una correcta humedad en el material en

compostaje, termómetro para la medición de temperaturas del material en compostaje, Tamiz para la separación del tamaño de partículas, material al finalizar el proceso de compostaje y separar elementos gruesos que aún no se han descompuesto, papel de pH, para el control de la acidez y/o alcalinidad del medio durante el proceso. Además, rastrillos, carretillas y aireadores manuales.

Técnicas de compostaje

Se dividen en sistemas abiertos y sistemas cerrados. Los primeros se hacen al aire libre y en los cerrados, se utilizan recipientes bajo techo. Los factores claves al escoger una técnica son: tiempo de proceso, requisitos de espacio, seguridad higiénica, material de partida (material de origen animal) y condiciones climáticas locales (temperatura, vientos, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos). En cambio, los sistemas abiertos o en pilas: se realizan cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (<1 m³), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje

En función del manejo de las pilas en planta (espacio, tecnificación, tiempo de retención), existe una amplia variedad de formación de pilas, variando así el volumen de éstas, su forma, disposición y espacio entre ellas. En la publicación de la FAO (2003), sobre los “Métodos de compostaje en la finca”, se explican diversas técnicas de formación de pilas como el método indio Indore o el compostaje rural chino. Todas las metodologías tienen en común la alternancia de capas de distinto material con el fin de conseguir una adecuada relación C: N (30:1) y el control de temperatura y humedad. A nivel industrial, las pilas cuentan con un nivel alto de tecnificación, como veremos a continuación:

- Aireación forzada, en el que se proporciona aire a través de canales construidos en el suelo para así mantener los niveles óptimos de oxígeno, recolección de lixiviados y su posterior tratamiento y sistema de pilas con volteo mecanizado, utilizando bien sea volteador lateral de tornillo adaptado a tractor, o una pala frontal. En el primer sistema mecanizado la altura de la pila, varía con la altura del volteador lateral de tornillo, mientras que, en el segundo, las pilas pueden alcanzar una altura 3 m, pudiendo variar a nivel familiar, a menor altura 1,5 m para facilitar la tarea de volteo.

Tareas a realizar en la formación y manejo de la pila

- Elección del área y nivelación, donde se considera las condiciones climáticas, las distancias tanto al área de producción de residuos, como donde se aplicará el compost final y pendiente del terreno. Es preferible un área protegida de vientos fuertes, y el agua a una distancia mayor de 50 m, para evitar contaminaciones y pendiente (< 4 %) para evitar problemas de lixiviación y erosión.

- Picado del material y amontonamiento. El material a compostar se pica manual o mecánicamente de preferencia en fragmentos de 10 -15 cm. Se toma normalmente como unidad de tiempo la semana para amontonar material en una misma pila, antes que empiece la fase termofílica o de higienización, y así evitar la re-contaminación del material con material fresco. Otro aspecto importante aquí, es la mezcla de material para alcanzar una relación C: N adecuada. Según la Universidad de Cornell (1996), la fórmula a seguir es:

$$R = \frac{Q_1 \times (C_1 \times (100 - M_1) + Q_2 (C_2 \times (100 - M_2) + Q_3 (C_3 \times (100 - m_3) + \dots}{Q_1 \times (N_1 \times (100 - M_1) + Q_2 (N_2 \times (100 - M_2) + Q_3 (N_3 \times (100 - m_3)) + \dots}$$

Siendo Q la cantidad de material a adicionar, C y N Carbono y Nitrógeno en peso, y M la humedad en peso del material. Para una cantidad Q1 (ejemplo: paja), se debe calcular qué cantidad de Q2 necesito (ejemplo: estiércol). Esto puede estimarse de la siguiente manera:

Para facilitar la tarea, se puede usar una tabla básica que indique los valores de C: N de los materiales más comúnmente usados (Tabla 9) y hacer una estimación:

$$Q_2 = \frac{Q_1 \times N_1 \times \left(R - \frac{C_1}{N_1} \right) \times (100 - M_1)}{N_2 \times \left(\frac{C_2}{N_2} - R \right) \times (100 - M_2)}$$

Tabla 6*Relación C: N de algunos materiales usados en el compostaje*

Nivel alto de nitrógeno 1:1 – 24:1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

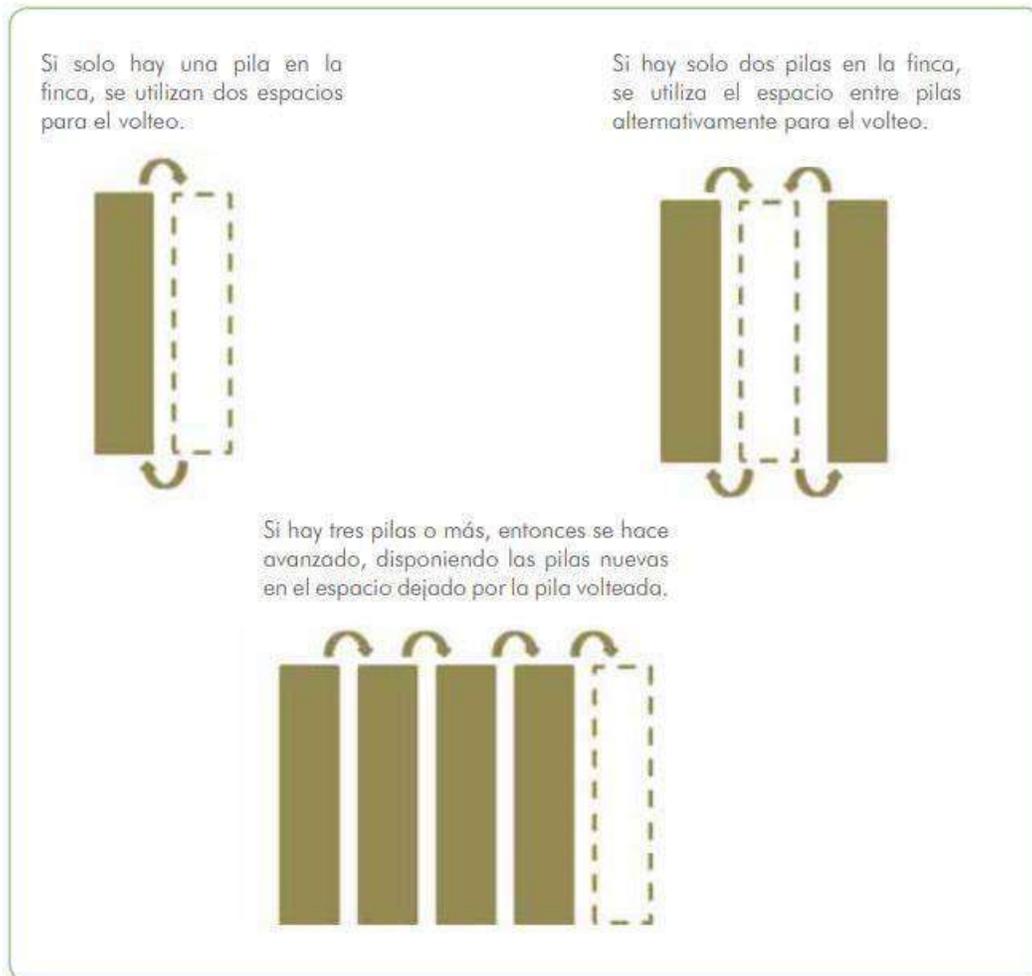
Fuente: Adaptado de PNUD - INFAT (2002)

El rango ideal de la relación C: N para comenzar el compostaje es de 25:1 a 35:1. Para calcularlo, se seleccionan de la Tabla 8 los materiales disponibles y se calcula la relación C: N de los materiales por separado. Se realiza un cálculo de proporcionalidad y se obtiene la cantidad de cada material que se aplica a la pila.

Este cálculo, se puede usar como referencia, pero siempre habrá un margen de error, ya que no se están realizando ajustes para la humedad del material o la disponibilidad del carbono o nitrógeno. El volteo se hace semanalmente durante las 3 a 4 primeras semanas, y luego quincenalmente, dependiendo de las condiciones climáticas locales, siendo importante optimizar el espacio de operación y volteo, como se aprecia en la figura 1.

Figura 4.

Modalidades de volteo según número de pilas



Controles de temperatura, humedad y pH.

Para la temperatura se debe utilizar un termómetro, excepcionalmente una barra de metal o de madera, introduciéndolas en las pilas para mantener un ambiente aireado, mientras que la humedad requiere la "técnica del puño cerrado", que consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puñado de material y abrir la mano. El material debe quedar apelmazado, pero sin escurrir agua. Si corre agua, se debe voltear y/o añadir material secante (aserrín o paja). Si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua y/o añadir material fresco.

El pH se mide directamente tanto en la pila como en el extracto de compost.

En lo referente a la pila, si el compost está húmedo (no encharcado), se puede insertar una tira indicadora de pH en el compost se deja reposar durante unos minutos para absorber el agua, y se lee el pH mediante la comparación del color. La segunda opción sería la medida del pH en solución acuosa, para lo cual tomamos varias muestras del compost y colocamos en recipientes con agua (1: 5), agitamos y leemos preferiblemente en el peachímetro.

Para comprobar la fase de maduración del compost, el material, el material húmedo mantiene constante la temperatura a pesar del volteo, existiendo la prueba de respiración o de auto calentamiento en un laboratorio. Finalmente, el olor debe ser agradable, en caso contrario, el compost estaría inmaduro, debido a la excreción de la geosmina y también a la formación de 2 – metilisoborneol, metabolito producido por actinomicetos mesófilos. El color debe ser oscuro, debido a la presencia de grupos cromóforos, más la síntesis de melanoidinas. Se puede, además, hacer un cuarteo (división de la pila en 4 partes iguales) y tomar de cada cuarto 3 muestras de 100 g de material compostado, introducir las en bolsas plásticas y dejarlas por dos días en un lugar fresco y seco. Si al cabo de este tiempo, la bolsa aparece hinchada (llena de aire) y con condensación de humedad puede ser indicativo de que el proceso aún no ha finalizado (compost inmaduro). Otra técnica es la de introducir un machete de 50 cm hacia el centro la pila. Si al cabo de 10 minutos al retirar el machete, se siente caliente, quiere decir que el material se está descomponiendo, dejando por más tiempo la descomposición.

El tamizado (1,6 cm) se realiza cuando el compost está maduro, para eliminar los elementos gruesos y otros contaminantes (metales, vidrios, cerámicas, piedras), si no pasa la malla, este material lignocelulósico (maderas) deberá retornar a las pilas (Figura 2)

Figura 5

Tamiz usado en las labores de cernido



Seguimiento a las labores de campo

Para seguir las labores de compostaje en campo, es recomendable usar planillas como las indicadas en las Figura 31

Tabla N° 7. Planilla de seguimiento de labores de compostaje

Tabla7.

Planilla de seguimiento de labores de compostaje

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Elección del lugar y nivelación												
Picado y amontonamiento del material												
Control de la temperatura y humedad												
Tamizado												

Fuente: P. Román, FAO (2013)

Las tareas para realizar en compostaje comienzan con la elección del lugar y tipo de compostera, de fácil acceso, cubierto y ventilado, cantidad de material a añadir y tiempo de labor que pueda dedicarse al proceso de compostaje, como apreciamos en la figura 3. Previamente se debe instalar el material y equipo para efectuar las mediciones y observaciones a través del tiempo.

Figura 6

Elección del lugar y coordinación del proceso del compost



En la fig. 6 podemos observar la instalación y preparación de los lugares cuyos ensayos permitan obtener el producto final del compost. Así mismo, se observa el picado del material y llenado del recipiente. Es importante que el material tenga un tamaño entre 5 y 20 cm para un proceso de descomposición óptimo, El material debe conseguir una relación C: N de 25:1 a 35:1 para un adecuado comienzo del proceso. El recipiente puede ser llenado durante dos o tres semanas. Después de este tiempo de llenado, el recipiente se deja en reposo compostando hasta que el proceso de compostaje haya finalizado y se extraiga el compost final. Control de la humedad y aireación, volteo, extracción del material y cernido o tamizado. Se aplican las mismas técnicas y conceptos que el compostaje en pilas (Tareas a realizar en la formación y manejo de la pila)

Figura 7

Preparación e instalación del equipo para el compost



Figura 8

Muestreo de los subproductos en el proceso de compost



Figura 9

Preparación de muestras de compost



Figura 10

Medición y proporciones de las muestras de compost en el laboratorio



Figura 11

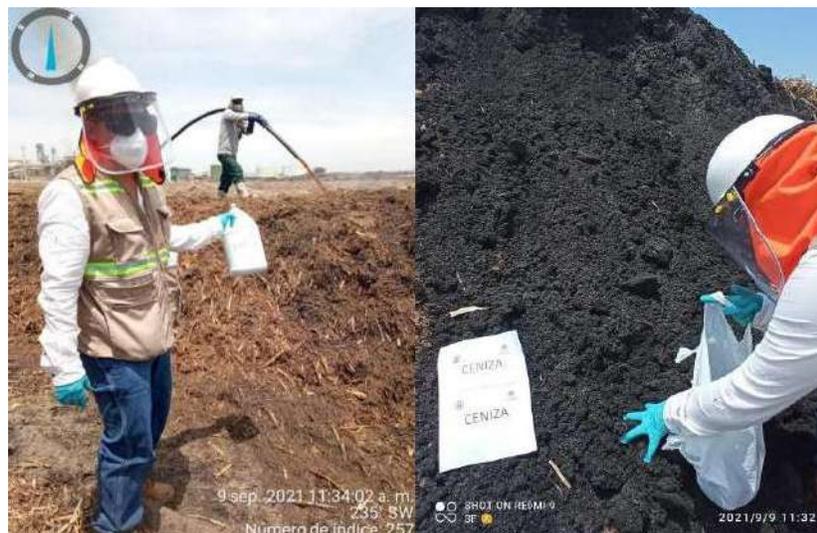
Muestras en proceso de etapa Bioxidativa



En la fig. observamos que la hoja de caña seca encontrada en estado natural tiene un color de 5Y 8/1 (white – blanco), pero las hojas enterradas cambian a 5Y 5/1, es decir de color gris; en cambio, la fig. las hojas secas al aire libre molidas y pesadas se mantiene con un color de 2.5Y 8/1 que permanecen blancas.

Figura 12

Producto final del compost en su fase de maduración



En la cama de compostaje como se observa en la fig. 11 el color del material externo fue 7.5 YR 4/6 (strong brown – pardo fuerte), mientras que la capa más profunda difiere ligeramente el color en seco a 7.5 YR 4/4 (brown – pardo)

En la fig. 12 el color de la ceniza fue Gley 1 3/10GY (very dark – gris verdusco muy oscuro)

Figura 13

Compostaje madurado



Análisis físico del compost

Color (seco y húmedo): Munsell Soil Color Book (2015)

Densidad aparente: Mediante el método de la parafina (g.cm^{-3})

Densidad de partículas: Método del picnómetro en querosene (g.cm^{-3})

Estructura: Descripción - FAO

Consistencia (húmedo y seco): Descripción seco y mojado

Porcentaje de humedad: Método Gravimétrico (%)

Porosidad total: Mediante la ecuación $E (\%) = (1 - D_a/D_s) * 100$

Textura: Método del hidrómetro (Bouyoucos)

3.2.2 Alcances de la investigación

3.2.1 Diseño de la investigación

El diseño de este trabajo de investigación es Experimental

3.2.2 Procedimiento experimental

En los análisis e interpretación de la búsqueda de información se utilizarán las siguientes técnicas: tabla comparativa de parámetros de la calidad del compost, con la finalidad de obtener los datos informativos, donde se analizan y se elaboran simplificando lo más esencial para que sea lo más clara posible en su interpretación, y pueda utilizarse para lo que se requiere.

3.2.3 Población y muestra

Población: subproductos de la caña de azúcar,

Muestra: es una porción de los subproductos.

3.2.4 Técnica de recolección de datos

Tabla matriz de evaluación para verificación de calidad del compost

3.2.5 Técnica de análisis de datos

ANALISIS EN EL LABORATORIO



Figura 14

01 CUARTEO DE MUESTRA DE COMPOST: se procedió a cuartear la muestra de las cinco muestras de los subproductos de la caña de azúcar que se realizaron según la captación, tomando una de la porción y descartando el resto.



Figura 15 Proceso de secado

Secado de la muestra

El bagazo de caña molido y secado presentó un color de 7.5 YR 7/1 (light gray – gris claro)

Para este proceso se ha utilizado la estufa de secado o también llamada hornos de secado que es un equipo de laboratorio que se emplea para **secar** y esterilizar la proporción de muestras que se quiere que estén en una alta temperatura para su secado, estas muestras pueden presentarse en diferentes recipientes de vidrio o metal, para así puedan mantenerse en este depósito e ingresar a la temperatura adecuada; dentro de la existencia de las estufas, básicamente existen dos tipos de **estufas**: las que operan mediante convección natural y las que operan mediante convección forzada.

Para el modo de uso o de empleo de esta estufa de secado no ha sido necesario poner tipos de recipientes ya que por su tipo de temperatura que ella genera calor seco a una temperatura de 180 °C durante unas dos horas, lo que permite realizar la esterilización de todo el material dispuesto en la cavidad de secado.; por otro lado ya sea para someter chips de ordenadores a procesos de envejecimiento o para ejecutar series complejas de experimentos con cargas muy sensibles, ensayos de materiales, someter componentes electrónicos a un proceso de secado o regular su temperatura, para el secado de muestras o calentar otro tipo de muestras más sólidas como la plastilina, la estufa de calentamiento/estufa de secado lleva a cabo un proceso de regulación de la temperatura con unos niveles de precisión, uniformidad y delicadeza incomparables.

Por tal parte de secado para el análisis de la muestra de compost se ha requerido que esté completamente seca para su análisis de todos los indicadores de la muestra experimental, la cual conlleva al secado total de la muestra para la ejecución de los diversos análisis.



Figura 16

MOLIENDA DE MUESTRA: una vez culminado le cuarteo se procede a realizar la pulverización usando un molino mecánico.



Figura 17:

PESADO DE MUESTRAS EN BALANZA ANALITICA: se procede a realizar el pesaje de la muestras respectivas para su análisis



Figura 18: FILTRADO DE LA MUESTRA DESPUES DEL ATAQUE

ATAQUE: se refiere a que la muestra se le vierte ácidos nítrico y clorhídrico, para las sustancias orgánicas y solubilizar



Figura 19

FILTRADO AL VACIO DEL PRECIPITADO DEL FOSFORO: se realiza utilizando un crisol de wooch de poro fino, para obtener el precipitado del fosforo.



Figura 20

ANALISIS DE FOSFORO Y PENTAOXIDOS DE FOSFORO P_2O_5 : con este análisis se obtiene el P_2O_5



Figura 21. PRECIPITACIÓN DEL FÓSFORO: el fosforo se precipita con una solución acida de heptamolidado de amonio



Figura 22. TITULACIÓN DEL FÓSFORO Y FIN DE LA TITULACIÓN: obteniendo el precipitado del fosforo se cuantifica con una solución estandarizada de hidróxido de sodio.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

A nivel global, ya existen muchas instituciones de investigación tanto públicas como privadas, que vienen realizando estudios de los atributos morfoscópicos, físicos, químicos, y sobre todo mediante ensayos de campo, donde se pesquisa: porcentaje de germinación, calidad del compost en base a los ácidos húmicos, estudios bacteriológicos, fúngicos y otros microorganismos, buscando un resultado ideal, que permita evitar la pérdida del CO₂ a la atmósfera, con el fin de mitigar o disminuir el efecto invernadero y por ende, el cambio climático, hecho indiscutible, cuyos efectos son: Fenómeno de El Niño (FEN), extinción de especies, cambio fenológico en los cultivos y no sólo pobreza, sino miseria en los agricultores de todo el mundo. Como podemos apreciar los parámetros en la tablas nos permiten comparar los rangos del estudio referenciales en cualquier país.

Tabla 08. *Parámetros de la calidad del compost*

ITEM	INDICADORES DE EVALUACION	Cod.	Unidades	ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAD PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO)	AUTORIDAD DE PROTECCION AMBIENTAL (EPA) AUSTRALIA	INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA PERUANA (IIAP)- IQUITOS	NORMA TECNICA CHILENA 2880*
1	PH	PH		6.5 - 8.6		7 - 8.3	5 - 8.5
2	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	CE	ds/m			2.0 - 4.0	3 ^A , 8 ^B
3	HUMEDAD	HH	%	30 - 40			30 - 45
4	MATERIA ORGANICA (9%)	MO	%	>20			>20
5	CARBONO/NITROGENO	CN		10:1 - 15:1			<= 25 ^A , <=30 ^B
6	NITROGENO TOTAL	NT	%	0.3 - 1.5		0.8 - 1.5	>=0.5
7	OXIDO DE FOSFORO	P2O5	%	0.1 - 1.0		0.4 - 1.0	
8	OXIDO DE POTASIO	K2O	%	0.3 - 1.0		0.6 - 1.5	
9	OXIDO DE CALCIO	CaO	%			02 - 06.	
10	OXIDO DE MAGNESIO	MgO	%			0.2 - 0.7	
11	COBRE	Cu	ppm		150		100 ^A , 1000 ^B
12	ZINC	Zn	ppm		300		200 ^A , 2000 ^B
13	PLOMO	Pb	ppm		150		100 ^A , 300 ^B
14	CADMIO	Cd	ppm		1		2 ^A , 8 ^B
15	CROMO	Cr	ppm		100		120 ^A , 600 ^B

NOTA:

El pH ideal del sustrato compostado obtenido en las muestras 1, 2 y 4 fue de 7.5, es decir, ligeramente alcalino, en cambio las muestras 3 y 5 son muy similares (pH 7.2), como se aprecia en las tablas 14, 15, 16, 17 y 18, comparados con trabajos similares está dentro del rango ideal (4.5 – 8.5). Se hace notar, que las bacterias son tolerantes a la salinidad a diferencia de los hongos que proliferan mejor en ambientes ácidos, en este experimento, se manejó adecuadamente la reacción del sustrato, para evitar la acidificación del medio (< 4,5) o la pérdida del exceso de nitrógeno por la producción de amoníaco cuando es > 8.

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE) del sustrato, las muestras presentan valores de 1.7 en la 5, 1.8 en la muestra 1 y 4 (tabla 14 y 17), hasta alcanzar 1.9 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ en las muestras 2 y 3 (tabla: 15 y 16) y si bien es cierto, que no está dentro del rango ideal (2- 4 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), sin embargo, otros trabajos realizados en Cuba, Venezuela y Brasil presentan resultados similares < 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ clasificadas como sustratos muy ligeramente salino (1.8), como es el caso de López Bravo, E., Rivera, A., Javier, A., Herrera Suárez, M., Gonzalez Cueto, O., & García de la Figal Costales, A. (2017), que obtuvieron 1:5 $\mu\text{S}/\text{m}$ con un valor de 0.89; la cual está en función de las sales presentes en el compostaje.

La humedad en el proceso de preparación de los residuos sólidos de Caña Brava, fue controlada estrictamente, manteniendo el equilibrio ideal de 30 % - 45 %, en las 5 muestras (tablas 14 a la 18) alcanzó 35 %; sin embargo, experimentos realizados en otras latitudes, el rango ideal es ligeramente más alto 45 % y 60 %, lo cual podría estar influenciado por la temperatura del medio ambiente, así como los microorganismos aeróbicos. Esto permite, tener en cuenta que los extremos desfavorecen el proceso de descomposición de los subproductos de la caña; así por ejemplo < 45 % de humedad, la solución podría detener el proceso debiendo agregarse agua. En el otro extremo > 60 %, habría menor oxígeno proliferando los microorganismos anaeróbicos que causan la pudrición del sustrato (desfavorable), cuya solución sería agregar material seco como paja u hojas secas.

La M.O formada a partir de los restos orgánicos como subproductos de la empresa Caña Brava, fue de 25 % en las 5 muestras, que comparada con los suelos se considera como muy alta, este material es la fuente de N, P, S, cuyo nitrógeno es formado a partir de la descomposición de las proteínas y luego en aminoácidos. Finalmente, se produce el amoníaco liberando nitrógeno al aire, en cambio, el fósforo se origina a partir de los

fosfolípidos, en cambio, el azufre proviene de las proteínas azufradas que en condiciones anaeróbicas, forman ácidos sulfhídricos, indicador de la pudrición del material orgánico que deteriora la calidad de un buen compostaje y emitiendo olores desagrables. En condiciones normales, el nitrógeno total representa aproximadamente 5 % de la materia orgánica, sin embargo, en este experimento, se obtuvo valores bajos que oscilan entre 0.27 en las muestras 3 al 5 y 0.28 en las muestras 1 y 2. La relación *C/N* estuvo en un rango ideal de 12:1 similar a los suelos con valores altos (> 0.2).

Respecto al óxido de fósforo (P_2O_5) sus valores oscilaron entre 1.3 % en la muestra 5, 1.4 % en la 3 y 4 hasta alcanzar el valor de 1.5 en las dos primeras muestras. Por su parte, El óxido de manganeso encontrado en las muestras 3, 4 y 5 fue de 0.3 %, variando ligeramente en las dos primeras con 0.32 %, estos datos se enmarcan en forma ideal en el rango 0.2 – 0.7 %; pero, el óxido de potasio presenta ligeras variaciones en las muestras variando de 1.2 % en las muestras 1 y 4 a 1.3 en las muestras 3 y 5, siendo ligeramente el más alto valor en la muestra 2 que ostenta 1.4 % dentro del rango ideal internacional. Se encontró así mismo, que el cobre encontrado varía ligeramente de 145 ppm en las muestras 1 y 2, 150 ppm en la muestra 3 y 5 hasta 155 ppm en la muestra 4.

El óxido de manganeso fue de 1 % en las muestras 3, 4 y 5, variando a 0.3 % en las muestras 1 y 2. Finalmente, los valores de zinc encontrados oscilados entre 290 ppm en las muestras 1 y 2, 300 en la 3 hasta 310 ppm en las muestras 4 y 5. Los datos de los análisis de las muestras 1 al 5, se consiguen en las tablas 14, 15, 16, 17 y 18 respectivamente y se visualizan en las figs. 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

Tabla 9.

Resultados de la muestra 01

ITEM	INDICADORES DE EVALUACIÓN	Cód,	UNIDADES	RANGOS	MUESTRA: 01			
					CE	VI	IM	PB
					30 %	30 %	20 %	20 %
1	pH	pH		6.5 - 8.3			7.5	
2	Conductividad eléctrica	CE	dS/m	2- 4			1.8	
3	Humedad	HH	%	30 - 45			35	
4	Materia orgánica	MO	%	> 20			25	
5	Carbono/ nitrógeno	CN		10:1 - 15:1			12:1	
6	Nitrógeno total	NT	%	0.3 - 1.5			0.28	
7	Óxido de fósforo	FF	%	0.1 - 1			1.5	
8	Óxido de magnesio	MM	%	0.2 - 0.7			0.32	
9	Óxido de potasio	PP	%	0.3 - 1.5			1.2	

10	Cobre	CC	ppm	150	145
11	Óxido de manganeso	MM	%	0.2 - 0.7	0.13
12	Zinc	ZZ	ppm	300	290

Figura 23

Indicadores de evaluación de la muestra 01

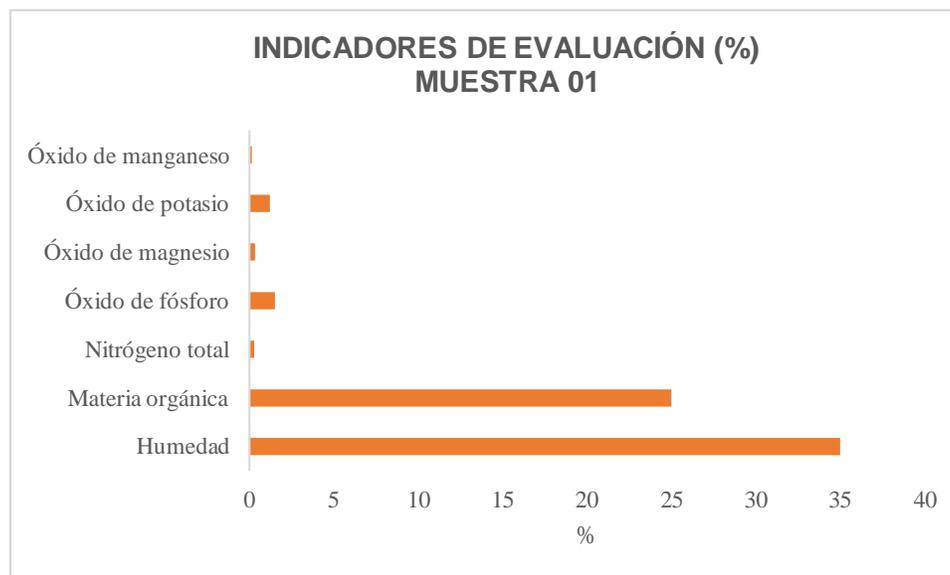


Tabla 20

Resultados de la muestra 02

ITEM	INDICADORES DE EVALUACIÓN	Cód,	UNIDADES	RANGOS	MUESTRA: 02			
					CE	VI	IM	PB
					30%	30%	20%	20%
1	pH	pH		6.5 - 8.3				7.5
2	Conductividad eléctrica	CE	dS/m	2 - 4				1.9
3	Humedad	HH	%	30 - 45				35
4	Materia orgánica	MO	%	> 20				25
5	Carbono/ nitrógeno	CN		10:1 - 15:1				12:1
6	Nitrógeno total	NT	%	0.3 - 1.5				0.28
7	Óxido de fósforo	FF	%	0.1 - 1				1.5
8	Óxido de magnesio	MM	%	0.2 - 0.7				0.32
9	Óxido de potasio	PP	%	0.3 - 1.5				1.4
10	Cobre	CC	ppm	150				145
11	Óxido de manganeso	MM	%	0.2 - 0.7				0.13
12	Zinc	ZZ	ppm	300				290

Figura 24

Indicadores de evaluación de la muestra 02

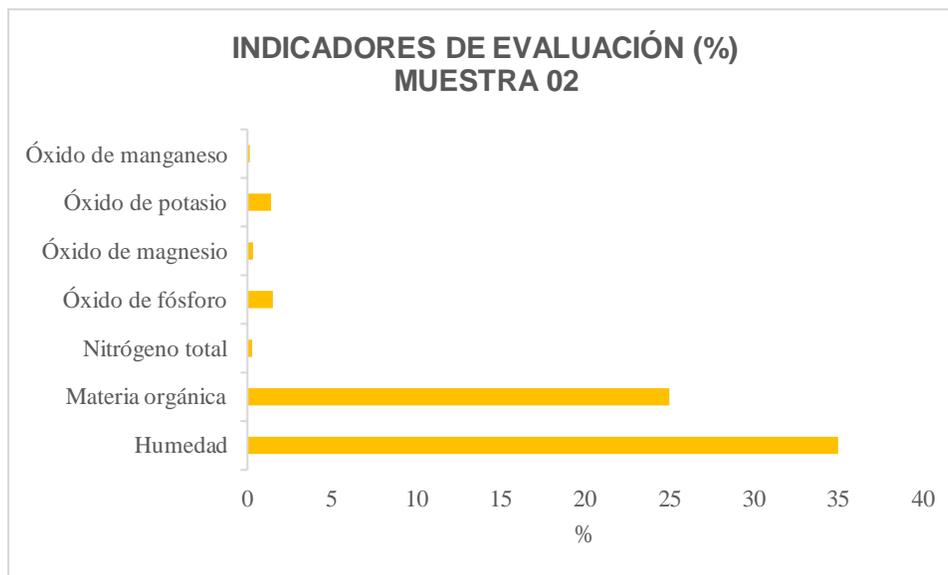


Tabla 3

Resultados de la muestra 03

ITEM	INDICADORES DE EVALUACIÓN	Cód,	UNIDADES	RANGOS	MUESTRA: 03			
					CE	VI	IM	PB
					30%	30%	20%	20%
1	pH	pH		6.5 - 8.3				7.2
2	Conductividad eléctrica	CE	dS/m	2- 4				1.9
3	Humedad	HH	%	30 - 45				35
4	Materia orgánica	MO	%	> 20				25
5	Carbono/ nitrógeno	CN		10:1 - 15:1				11:1
6	Nitrógeno total	NT	%	0.3 - 1.5				0.27
7	Óxido de fósforo	FF	%	0.1 - 1				1.4
8	Óxido de magnesio	MM	%	0.2 - 0.7				0.3
9	Óxido de potasio	PP	%	0.3 - 1.5				1.3
10	Cobre	CC	ppm	150				150
11	Óxido de manganeso	MM	%	0.2 - 0.7				0.1
12	Zinc	ZZ	ppm	300				300

Figura 25

Indicadores de evaluación de la muestra 03

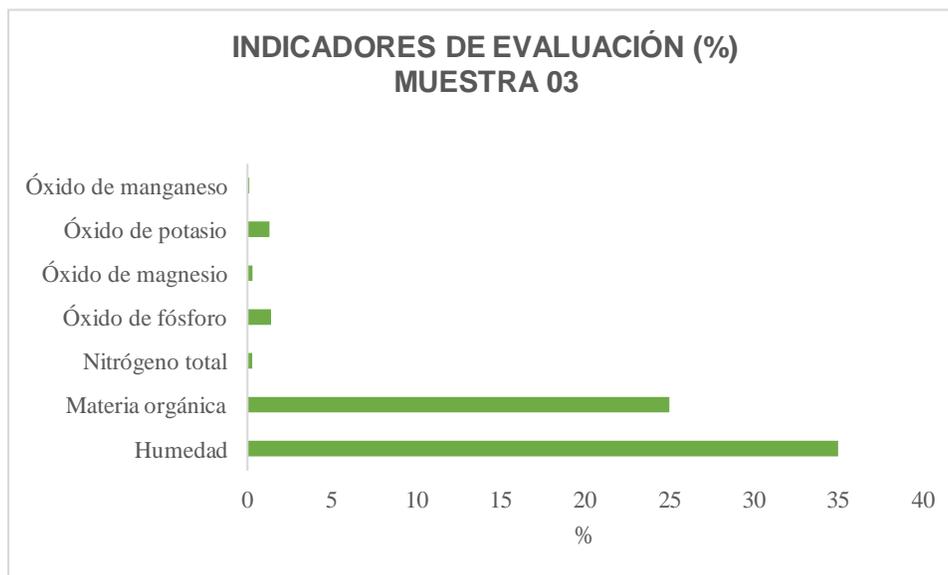
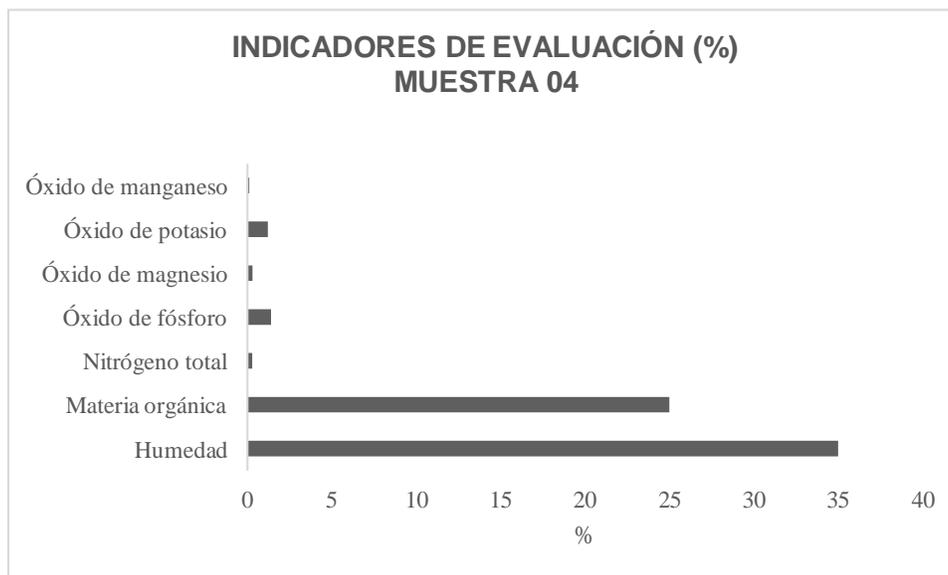


Tabla 42

Resultados de la muestra 04

ITEM	INDICADORES DE EVALUACIÓN	Cód,	UNIDADES	RANGOS	MUESTRA: 04			
					CE	VI	IM	PB
					30%	30%	20%	20%
1	pH	pH		6.5 - 8.3				7.5
2	Conductividad eléctrica	CE	dS/m	2- 4				1.8
3	Humedad	HH	%	30 - 45				35
4	Materia orgánica	MO	%	> 20				25
5	Carbono/ nitrógeno	CN		10:1 - 15:1				11:1
6	Nitrógeno total	NT	%	0.3 - 1.5				0.27
7	Óxido de fósforo	FF	%	0.1 - 1				1.4
8	Óxido de magnesio	MM	%	0.2 - 0.7				0.3
9	Óxido de potasio	PP	%	0.3 - 1.5				1.2
10	Cobre	CC	ppm	150				155
11	Óxido de manganeso	MM	%	0.2 - 0.7				0.1
12	Zinc	ZZ	ppm	300				310

Figura 1*Indicadores de evaluación de la muestra 04***Tabla 53***Resultados de la muestra 05*

ITEM	INDICADORES DE EVALUACIÓN	Cód,	UNIDADES	RANGOS	MUESTRA: 05			
					CE 30%	VI 30%	IM 20%	PB 20%
1	pH	pH		6.5 - 8.3			7.2	
2	Conductividad eléctrica	CE	dS/m	2-4			1.7	
3	Humedad	HH	%	30 - 45			35	
4	Materia orgánica	MO	%	> 20			25	
5	Carbono/ nitrógeno	CN		10:1 - 15:1			12:1	
6	Nitrógeno total	NT	%	0.3 - 1.5			0.27	
7	Óxido de fósforo	FF	%	0.1 - 1			1.3	
8	Óxido de magnesio	MM	%	0.2 - 0.7			0.3	
9	Óxido de potasio	PP	%	0.3 - 1.5			1.3	
10	Cobre	CC	ppm	150			150	
11	Óxido de manganeso	MM	%	0.2 - 0.7			0.1	
12	Zinc	ZZ	ppm	300			310	

Figura 27

Indicadores de evaluación de la muestra 05

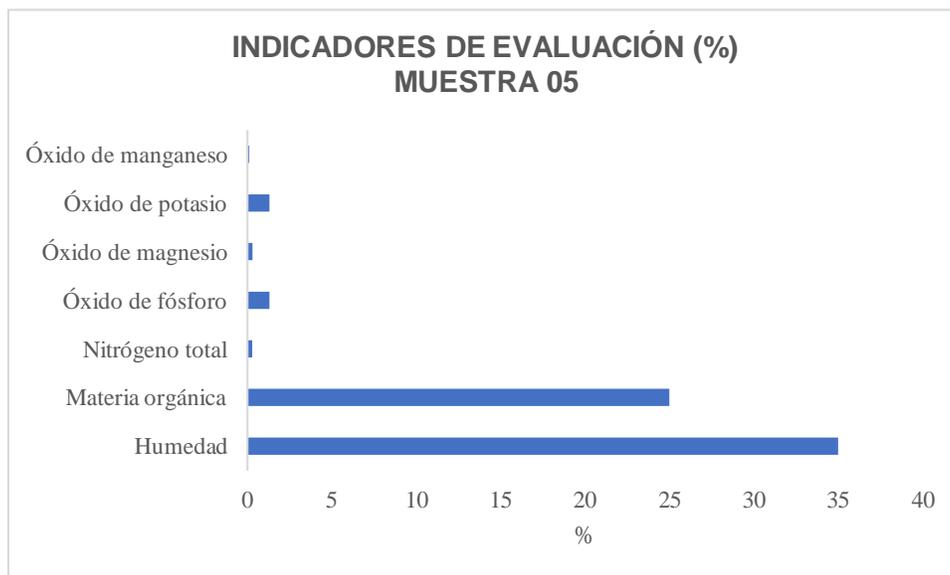


Figura 28

Indicador pH de las cinco muestras

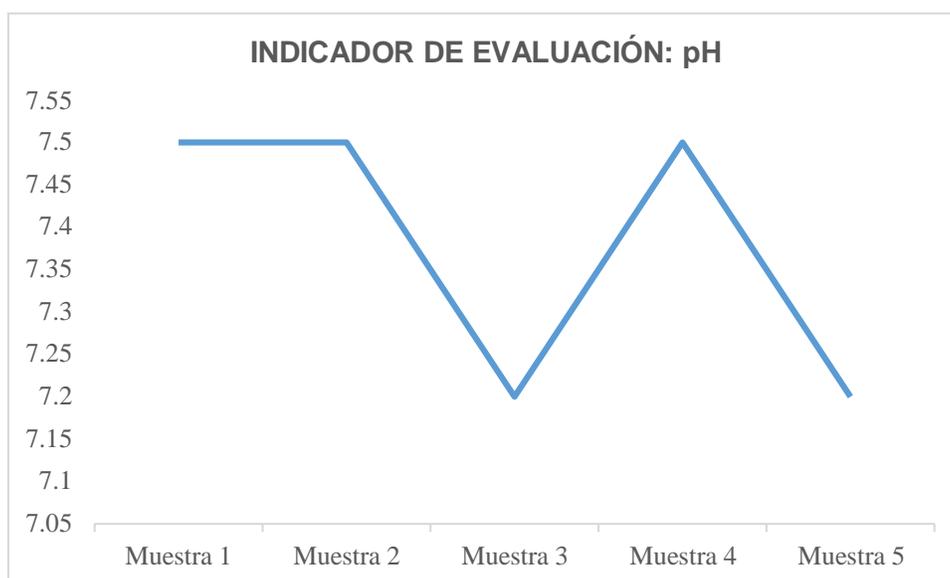
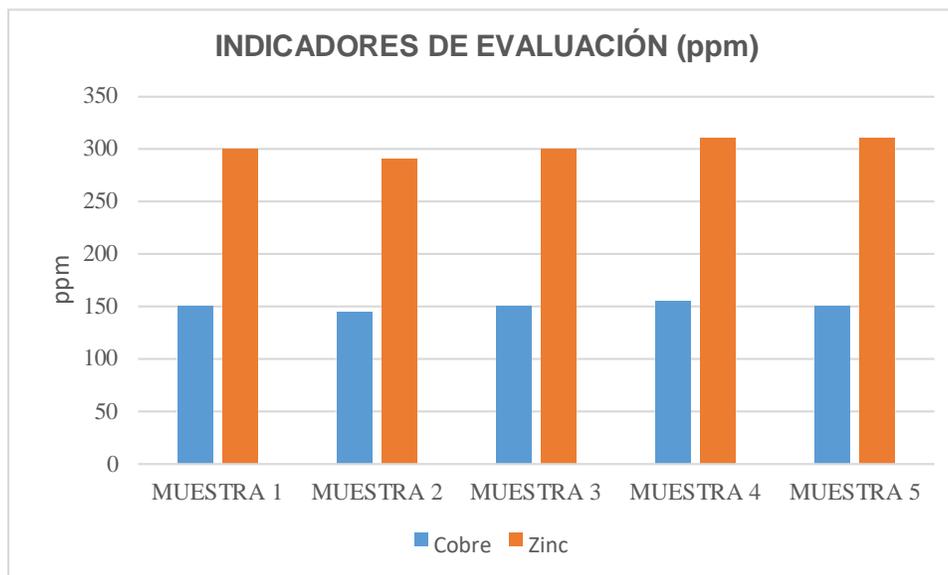


Figura 29

Indicador de cobre y zinc de las cinco muestras



Del análisis de las tablas 16 y 17, se colige que los datos son muy similares en los atributos del compost, lo cual constituye un aporte invaluable para futuros experimentos no sólo en Caña Brava sino a nivel Latinoamericano.

Tabla 64

Comparación del análisis de cachaza, bagazo y ceniza

VARIABLES	Cachaza	Bagazo	Ceniza
pH (1:5 en agua)	8,00	5,2	8,7
C.E. (1:5 μ S/m)	0,81	0,48	0,44
% Fósforo	0,52	1,8	2,73
% Potasio	0,6	0,9	0,5
% Calcio	0,9	0,8	0,6
% Magnesio	0,7	0,72	0,65
Densidad Aparente (g. m⁻³)	0,25	0,12	0,48

Nota: López Bravo, E., Rivera, A., Javier, A., Herrera Suárez, M., Gonzalez Cueto, O., & García de la Figal Costales, A. (2017).

Tabla 7

Resultados físico - químicos de otro experimento

VARIABLES	VALOR
pH (1:5 en agua)	8,2
C.E. (1:5 μS/m)	0,89
Relación C/N	12,5
% Carbón Orgánico	11,0
% Nitrógeno Total	1,0
% Fósforo	1,3
% Potasio	1,1
% Calcio	2,0
% Magnesio	1,1
Densidad Real (g/ml)	1,17
Densidad Aparente (g m⁻³)	0,55
Granulometría (% de partículas < 2mm)	47,81

Nota: López Bravo, E., Rivera, A., Javier, A., Herrera Suárez, M., Gonzalez Cueto, O., & García de la Figal Costales, A. (2017).

En la fig. 18. Chanduví, R. (2022) en una conferencia técnica en la FA- UNP, señaló que en el año 2050, cuando la población mundial alcance los 9.700 billones de habitantes, sino se incentiva la agricultura orgánica (compost), tendremos una hecatombe alimentaria, siendo el compostaje una de las formas de fijación del CO₂ y como base fotosintética para la formación de los alimentos de la humanidad.

Figura 302

Proyección futurista de la agricultura en función de la deficiencia de abonos orgánicos



Nota: Chanduvi, R. (2022)

Dentro de los procesos de la preparación del compost, existe un marcado cambio de temperatura en función de la presencia de los microorganismos, los cuales actúan descomponiendo las macromoléculas tales como: celulosa, hemicelulosa. Proteasas, lipasas y arilsulfatasas; en la fase biooxidativa, existen microorganismos termófilos que actúan sobre la madera, tal como los hongos y actinomicetos mesófilos; todos ellos, contribuyen al proceso de humificación, cuya estabilidad biológica, conduce a la maduración del compost, sin embargo, puede ocurrir una reversión del proceso ocasionado por un compost inmaduro, denominado “Priming effect”, que puede alterar el incremento de la microbiota edáfica y la pérdida del N - NH₄, como se puede observar en la tabla 18.

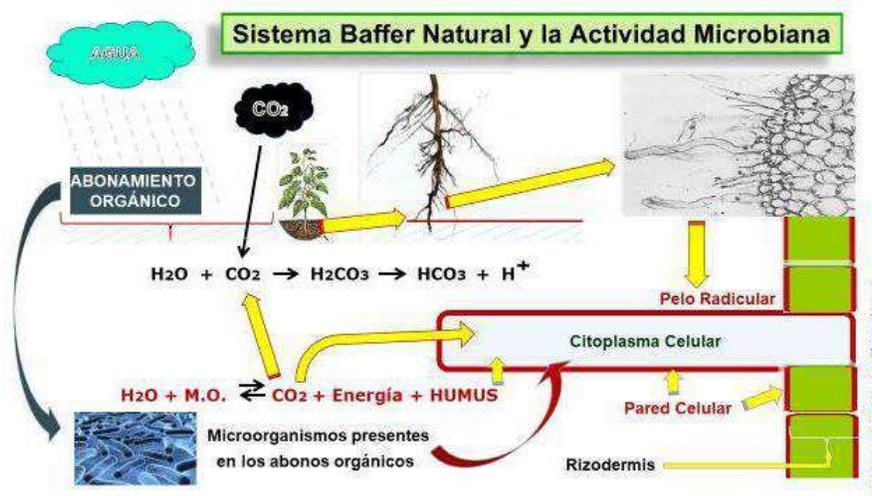
Tabla 86. *Etapas del compostaje en la distribución de la microbiota*

ETAPAS DE COMPOSTAJE					
MICROORGANISMOS		MESOFILICA	TERMOFILICA	MESOFILICA II	N° ESPECIES
		20 - 40°C	40 - 70 °C	70 - 20 °C	
BACTERIAS	MESÓFILAS	10 ⁸	10 ⁶	10 ¹¹	6
	TERMÓFILAS	10 ⁴	10 ⁹	10 ⁷	1
ACTINOMYCETES	TERMÓFILOS	10 ⁴	10 ⁸	10 ⁵	14
HONGOS	MESÓFILOS	10 ⁶	10 ³	10 ⁵	18
	TERMÓFILOS	10 ³	10 ⁷	10 ⁶	16

El compost cumple un rol muy importante cuando se agrega al suelo, donde ocurre el Sistema Buffer o efecto tampón, que consiste a una reacción negativa de no cambiar de pH, lo cual afecta la sobrevivencia de los microorganismos; cuando el compost es inmaduro, los cultivos pueden sufrir al comienzo de la germinación, un efecto depresivo o deficiencia de nitrógeno eventual, por cuanto las bacterias reductoras lo utilizan para formar su cuerpo microbial. Otras veces, ocurre cuando los suelos son calcáreos (caso de la Serranía del Perú), el agua de lluvia contiene CO₂, el cual se une con el agua meteórica, formando bicarbonatos y da lugar a la erosión kárstica, disminuyendo el pH alcalino, y por lo tanto, mejora la actividad en la descomposición de los residuos del compost inmaduro como se aprecia en la fig. 19.

Figura 31

Sistema Buffer (Baffer) Natural y la Actividad Microbiana



En el Análisis de la inocuidad del compost, es indispensable los análisis microbiológicos, para determinar su calidad sanitaria, siendo necesario utilizar grupos indicadores y patógenos tales como: Coliformes termotolerantes (fecales), que comprende a un grupo de bacterias enterobacteriales con más de 30 géneros y 100 especies, como cocos y bacilos, Gram negativas, como las enterobacterias tal como: *Citrobacter*, *Escherischia*, *Klebsiella*, *Mangrovibacter*, *Shigela*, *Salmonella* y *Siccibacter*

Otros patógenos que se han encontrado en el compost y que podrían afectar al hombre, por el consumo de alimentos contaminados incluyen: *Clostridium perfringens* (enfermedad enteritis necrotizando), *Listeria monocytogenes* (fiebre y diarrea), *Bacillus cereus* (diarrea) y *Cryptosporidium parvum* (vómitos, diarrea, fiebre y dolor cabeza). Beuchat, (2006).

Metales pesados Los metales pesados constituyen un grupo de elementos químicos que se convierten en no deseados, porque no se descomponen (solo cambian de estado de oxidación). Tienen efectos negativos en la salud humana, y un impacto en la cadena trófica a nivel terrestre y acuático. Aunque se encuentran en la naturaleza, cuando la concentración supera límites definidos, puede haber problemas de acumulación en tejidos vegetales (fruta, raíz) o en órganos vitales (hígado, cerebro, tejido graso) con efectos generalmente a largo plazo (crónicos). En compost, estos materiales, junto con la presencia de patógenos, son considerados para definir la calidad del material. Los límites varían según los países, aunque se tiene como referente el marco de normativa propuesto por la EPA y por la Unión Europea (EU)

Beneficios del té de compost

Salud de la planta: El té de compost, al contener nutrientes y microorganismos que se han multiplicado en los tanques de preparación, puede contener agentes biológicos para el control de enfermedades. Estos microorganismos como *Trichoderma*, *Pseudomonas*, o *Pantoea* spp., están presentes en el compost y son capaces de multiplicarse en el té de compost, y realizar procesos de supresión de enfermedades. Esta supresión está asociada a sustancias que se producen durante el proceso de maduración del compost, y dependen de las características biológicas y fisicoquímicas (Temorshuizen et al., 2006).

Fijación biológica de nitrógeno y biofertilización: Igualmente, como el compost, el té de compost puede contener (normalmente en menor proporción) bacterias asociadas a la fertilización de cultivos. Estas son las fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter* sp., o *Rhizobium* sp., *Klebsiella* sp.) y a la solubilización de fosfatos (Dubeikovsky et al., 1993)

Mejoramiento del contenido de carbono en suelos: por ser el extracto soluble del compost, el té de compost contiene también carbono soluble en agua. Este carbono afecta positivamente las poblaciones nativas del suelo, al ser fuente de energía para los microorganismos presentes en la zona de las raíces (rizosférica) o de las hojas (filosférica) de la planta. Igualmente, este carbono soluble puede ser usado en el suelo por microorganismos para construir microagregados mejorando la estructura y la capacidad de retención de agua (Ha et al., 2008).

Incremento del número de los microorganismos del compost: El té de compost emplea diferentes productos para ayudar a los microorganismos en su multiplicación durante el tiempo de preparación. Estos productos llamados catalizadores, favorecen el paso de los microorganismos desde el compost hasta el agua, y sirven también como fuente de nutrientes. Se usa azúcar, melazas, emulsión de pescado y roca fosfórica como sustratos efectivos en este proceso catalítico (Ingham, 2005, Shrestha et al., 2011).

CONCLUSIONES

- El compostaje ejecutado mediante los subproductos de la empresa Caña Brava muestran indicadores positivos de calidad, donde se cuantificó el pH 7.38; conductividad eléctrica $1.82 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (muy ligeramente salino); humedad 35%; materia orgánica 25 %; carbono/ nitrógeno 11.6:1; nitrógeno total 0.274 %; óxido de fósforo 1.42 %; óxido de magnesio 0.308 %; óxido de potasio 1.28 %; cobre 149 ppm, óxido de manganeso 0.112 % y zinc 300 ppm.
- La base de datos elaborada mediante los estándares de calidad de América Latina y el Caribe, resultantes de compostaje a partir de su elaboración con residuos sólidos, subproductos de la fábrica de caña, los rangos ideales fueron: pH (4.5 – 8.5); conductividad eléctrica ($2 - 4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$); humedad (30 -45 %), pudiendo alcanzar 60%; materia orgánica (>20%); carbono/ nitrógeno (15:1 – 35:1), pero puede bajar 10:1 -15:1 como material completamente humificado; nitrógeno total (0.3 -1.5 %); óxido de fósforo (0.1- 1 %); óxido de magnesio (0.2 -0.7 %); óxido de potasio (0.3 - 1.5 %); cobre (150 ppm), óxido de manganeso (0.2 -0.7 %); y zinc 300 ppm.
- Los subproductos de la empresa Caña Brava convertidos en compostaje, viene generando múltiples beneficios a los suelos agrícolas, así como algunos huertos de la comunidad: convierten el CO_2 en sumidero en los suelos, atenuando el efecto invernadero.
- La preparación del compostaje resultante fue de alta calidad, de buen nivel comercial y permite reducir los costos en la empresa Caña Brava mejorando los terrenos eriazos e irrigados, la producción de etanol y azúcar a precios más económicos.
- Del estudio del té de compost se colige, que es muy beneficioso a la agricultura, debido a las bacterias nitrificantes: *Azotobacter sp.*, o *Rhizobium sp.*, *Klebsiella sp.*

RECOMENDACIONES

- En futuras investigaciones relacionadas con el compost, se deberá hacer estudios microbiológicos en todas sus fases.
- Después de la etapa de maduración del compost, se recomienda hacer estudios de germinación.
- Aislar microbiológicamente bacterias, hongos, y otros microorganismos para estudios de genética micromolecular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. 2013. Estudio de un proceso de compostaje industrial de residuos vegetales hortícolas. (Tesis de maestría inédita). Universidad de Almería, Almería, España.
- Andía, W.; Andía, J. (2016). Manual de Gestión Ambiental. Lima: Ediciones Arte y Pluma. 4ta edición. 431p.
- Armas, C.Y. (1986). La caña de azúcar como fuente de energía. Instituto de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar, Científico-Técnica, La Habana, Cuba. 1986, 157-189.
- Bejarano Bejarano, E. P., & Delgadillo Acosta, S. M. (2007). "Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos generados del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Colombia -La Modelo" por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM). Universidad De La Salle. Facultad De Ingeniería Ambiental Y Sanitaria. Proyecto De Grado.
- Benzing A. (2001) Agricultura Orgánica-fundamentos para la región andina. Neckar-Verlag, Alemania 2001; p682.
- Buol. S.; Hole, F.; McCracken, R. (1991). "Génesis y clasificación de suelos". Editorial Trillas
- Cárdenas G.; B. Guzmán., y S BRU. (1983) Calor de combustión de cachazas producidas por los ingenios azucareros de Tucumán. Argentina 1983; Rev. Ind. Agr. De Tucumán.; 60(1): p. 59-67, 81-85.
- Chanduvi, R. (2022). "Conferencia sobre la importancia de la agricultura orgánica en el Perú, con énfasis en el uso del compost". Universidad Nacional de Piura,
- Chávez E. (2009) Determinación de la calidad de biofertilizantes líquidos y estudio del potencial para la inhibición de *Micospharella fijensis* (Morelet) Tesis de grado (Ing. Agropecuario) Guayaquil, Ecuador 2009, p. 18-25.
- Chonillo J. (2008) Elaboración y usos de abonos orgánicos 2008; p.11-28
- COAS. (2008) Curso sobre cromatografía de Disco de Suelos. Cali 2008; www.cibe.espol.edu.ec (consulado, enero2010).

- Compostadores. (2010) Organismos que intervienen en el compostaje. <http://www.compostadores.com> (consultado, enero 2010)
- Cuellar A. Villegas D., León O., Y Perez I. (2002) Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar en Cuba. Cuba 2002; Publica, p. 88-92.
- Da Gloria; J. Orlando. 1983. Aplicacao da vinhaca como fertilizante. Brasil 1983; Boletim Tecnico Planalsucar, p 5-38.
- Da Silva, W. (1980). Principais Doenças da Caña de açúcar. São Paulo: Editorial COPERSUCAR. 25 p.
- De Mereidos, M. (1998). Impacto ambiental dos agrotóxicos na agricultura em: Biotecnologia de produção massal e manejo de trichogramma para o controle biológico de pragas (EMBRAPA). 35 - 44p.
- Deza M.Y Agreda G. (2010) Factores que condicionan el proceso de compostaje. <http://www.uam.es> (consultado, enero del 2010)
- Donn, S., R.E. Wheatley, B.M. Mckenzie, K.W. Loades, P.D. Hallett. (2014) Improved soil fertility from compost amendment increases root growth and reinforcement of surface soil on slopes. Ecological Engineering, 71: 458-465.
- EDUFUTURO2010 La contaminación 2006 <http://www.edufututo.com> (consultado, enero, 2010).
- Epstein, E.; Bloom, A. (2006). Nutrição Mineral de Plantas. Princípios e perspectivas. Segunda Edição. Londrina: Editora Planta. 403 p.
- García, D., Lima, L., Ruíz, L., & Calderón, P. (2014). Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de Fincas. Medio Ambiente y Desarrollo, 14, 26.
- Giménez, A. (2020). Producción sostenible de Lechuga y Espinaca mediante el uso de compost y sus extractos. Tesis para optar el Grado de Doctor en Técnicas Avanzadas en investigación, desarrollo agrario y alimentario - Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) – España.

- Iglesias, E. (2014). "Aspectos físico - químicos, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje: Evaluación de la calidad". Universitas Miguel Hernández.
- Jorge, J. (1985). Física e manejo dos solos tropicais. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 328 p.
- Kiehl, E. (2004). Manual Compostagem: Maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Edmar Jose Kiehl. 4ª edição.
- Laureiro, M. y ALVES, L.A. (2013) Gestión sustentable: Compost optimizado para residuos sólidos utilizando la metodología orgánica enzimática en la implementación de una planta de compostaje de residuos en municipio de Santa Juliana /MG. En Revista Internacional de Ingeniería y Gestión del Conocimiento, 2(2), p.52-85.
- López Bravo, E., Rivera, A., Javier, A., Herrera Suárez, M., Gonzalez Cueto, O., & García de la Figal Costales, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, 44(3), 49-55.
- MINAM. Ministerio del Ambiente- Gobierno del Perú. Ley marco sobre cambio climático y su reglamento (Ley 30754)- D.S. N° 013-2019- MINAM. 86 p.
- Mollinedo, Z. (2014) "Determinación de la calidad de compost, ejecutado a partir de los restos solidos orgánicos de la ciudad de Puerto Mayor Carabuco, de la Paz Bolivia". Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor De San Andrés.
- Pineda, R.; García, A.; Cavero, E. (1988). Fosfocompost um abono órgano mineral. Piura: Centro de Investigación y Promoción del campesinado. CIPCA.
- Rivera, J. (2011) "Evaluación de Microorganismos Eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza". Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo.
- Rodríguez, H.; Rodríguez, J. (2015). Método de análisis de suelos y plantas: Criterios de interpretación. México: Editorial Trillas. 2da edición. 288 p.

- Román, P.; Martínez, M.; Manual de compostaje del agricultor- Experiencias en América Latina. Organización de las UN para la alimentación y agricultura. Oficina regional para América Latina y el caribe .69p.
- Roncal, M. (1993). Taxonomía de hongos fitopatógenos comunes. Cajamarca: Editorial Obispo Martínez Compañón. 372 p.
- Sztern, D. y M.A. Pravia. (1999) Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, 69 p.
- Torres, E., Cárdenas, J., Nieto, D., Soto, F., & Sotelo, M. (2019). Evaluación de Abono Orgánico de Vinaza y Bagazo de la Caña de Azúcar para la producción ecológica de rabanito (*Raphanus sativus* L.). Aporte Santiaguino, 12(2), 236-249.
- Vargas, M.; Ungria, M. (1997). Biología dos solos dos cerrados. Planaltina: Editorial EMPRABA – CPAC. 524 p.
- Yañez, A. (2013). Cambio climático: Dimensión ecológica y socioeconómica. México: AGT Editor. 300p.
- Zahra El Ouaqoudi, F., L. El Fels, L. Lemée, A. Amblès, M. Hafidi. 2015 Evaluation of lignocelullose compost stability and maturity using spectroscopic (FTIR) and thermal (TGA/TDA) analysis. Ecological Engineering, vol. 75: 217-222.
- Zavaleta, A. (1992). Edafología. El suelo en relación con la producción. Lima: CONCYTEC. 223 p.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

“APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA OBTENER COMPOST DE LA EMPRESA CAÑA BRAVA”

Problemas / Subproblemas	Objetivos	Diseño Metodológico	Hipótesis	Variables	Indicadores	Instrumentos (s)
¿Cómo se pueden aprovechar los subproductos del proceso de la caña de azúcar para obtener compost, de la empresa Caña Brava?	<p>General: Analizar las posibilidades de aprovechamiento de los subproductos en el proceso de la caña de azúcar para obtener compost de la empresa Caña Brava.</p> <p>Específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar una base de datos a partir de los estándares de calidad que presenta el compost con estos subproductos. • Utilizar los subproductos para elaborar el compost en beneficio de los suelos agrícolas de la empresa caña brava • Elaborar una buena calidad de compost para su comercialización con el propósito de reducir costos en la empresa caña brava. 	<p>Tipo: Cuantitativa</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño de Investigación: Experimental</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Con la base de datos se observa que los subproductos son de buena calidad para realizar compost. • El compost que se obtuvo mejora las áreas de cultivo de la empresa caña brava. • Para la disposición final de los subproductos, el compostaje elaborado reduce los costos a la empresa caña brava. 	<p>Independiente: Sub productos del proceso de la caña de azúcar y compost.</p> <p>Dependiente: El compost</p>	<ul style="list-style-type: none"> • PH, • Conductividad eléctrica, • Humedad, • Materia orgánica, • Retención de humedad, • Carbono/nitrógeno, • Carbono orgánico oxidable total, • Nitrógeno total, • Fosforo, • Calcio, • Magnesio, • Potasio, • Hierro, • Cobre, • Manganeso, • Zinc 	Tabla comparativa

Anexo 02: Tabla Matriz de Evaluación para verificar la calidad del compost



MATRIZ DE EVALUACION PARA VERIFICAR LA CALIDAD DEL COMPOST

ITEM	INDICADORES DE EVALUACION	Cod.	Unidades	MUESTRA:01					MUESTRA:02					MUESTRA:03					MUESTRA:04					MUESTRA:05				
				CA	CE	VI	IM	PB	CA	CE	VI	IM	PB	CA	CE	VI	IM	PB	CA	CE	VI	IM	PB	CA	CE	VI	IM	PB
				50	20	20	5	5	60	10	10	10	10	40	30	20	5	5	75	10	5	5	5	70	10	10	5	5
1	PH	PH																										
2	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	CE	ds/m																									
3	HUMEDAD	HH	%																									
4	MATERIA ORGANICA	MO	%																									
5	RETENCION DE HUMEDAD	RH	%																									
6	CARBONO/NITROGENO	CN																										
7	CARBONO ORGANICO OXIDABLE TOTAL	CT	%																									
8	NITROGENO TOTAL	NT	%																									
9	FOSFORO	FF	%																									
10	CALCIO	CC	%																									
11	MAGNESIO	MM	%																									
12	POTASIO	PP	%																									
13	HIERRO	HH	%																									
14	COBRE	CC	mg/Kg																									
15	MANGANESO	MM	%																									
16	ZINC	ZZ	%																									

CA: Cachaza

CE: Ceniza

VI: Vinaza

IM: Impurezas minerales

PB: Bajo % Bagazo

Anexo 03: Certificado del Informe del Análisis del compostaje



SERVICIOS DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS, ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.

S DE INGENIERIA - REGISTRO INDECOPI - 00114293.

INFORME DEL ANALISIS

MUESTRA : SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DE LA CAÑA DE AZUCAR
 PROCEDENCIA : EMPRESA CAÑA BRAVA
 DIRECCION : Carretera Ignacio Escudero a Tamarindo Km. 6 - Sullana
 SOLICITANTE : Msc. Ing. Julio Pedro Atoche Cornejo
 FECHA DE RECEPCION : 85 DIAS (11/01/2022)
 PROYECTO : Para Tesis de Investigación y Experimental

RESULTADOS

ITEM	INDICADORES DE EVALUACION	Cod.	Unidad	RANGOS	MUESTRA-01				MUESTRA-02				MUESTRA-03				MUESTRA-04				MUESTRA-05			
					CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB	CE	VI	IM	PB
					30%	30%	20%	20%	30%	25%	20%	25%	35%	25%	25%	15%	35%	25%	30%	10%	30%	25%	30%	15%
1	PH	PH		6.5 - 8.3	7.5	7.5	7.2	7.5	7.2															
2	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	CE	ds/m	2 - 4	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7															
3	HUMEDAD	HH	%	30 - 45	35	35	35	35	35															
4	MATERIA ORGANICA	MO	%	> 20	25	25	25	25	25															
5	CARBONO/NITROGENO	CN		10.1 - 15.1	12.1	12.1	11.1	11.1	12.1															
6	NITROGENO TOTAL	NT	%	0.3 - 1.5	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27															
7	OXIDO DE FOSFORO (P2O5)	FF	%	0.1 - 1	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3															
8	OXIDO DE MAGNESIO	MM	%	0.2 - 0.7	0.32	0.32	0.3	0.3	0.3															
9	OXIDO DE POTASIO	PP	%	0.3 - 1.5	1.2	1.4	1.3	1.2	1.3															
10	COBRE	CC	ppm	150	145	145	150	155	150															
11	OXIDO DE MANGANESO	MM	%	0.2 - 0.7	0.13	0.13	0.1	0.1	0.1															
12	ZINC	ZZ	ppm	300	290	290	300	310	310															

Piura, 26 Enero 2022



Jose Carlos Rivas Saavedra
 José Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP 120191

ENERO DEL 2022
 serviciosdeingenieria.jcrs@gmail.com
 jcrivasave@gmail.com

A.H.L.A. PRIMAVERA II ETAPA - MZ 3 - LT 03 - CASTILLA - PIURA
 CEL. 938248027 RUC: 10411488631