



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

Evaluación del rendimiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*)

Trabajo de Integración Curricular
previa a la obtención del título de
Ingeniera Agrícola

AUTOR:

Solage Micaela Viñan Capa

DIRECTOR:

Ing. Diego Fernando Chamba Zaragocín, PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Chamba Zaragocin Diego Fernando**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Evaluación del rendimiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea* L.)**, perteneciente al estudiante **Solage Micaela Viñan Capa**, con cédula de identidad N° **1106071465**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 28 de Febrero de 2024



Firmado digitalmente por:
DIEGO FERNANDO
CHAMBA ZARAGOCIN

F)

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-000334

1/1
Educamos para **Transformar**

Autoría

Yo, **Solage Micaela Viñan Capa**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de integración curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1106071465

Fecha: 14 de mayo de 2024

Correo electrónico: solage.vinan@unl.edu.ec

Teléfono o celular: 0994024654

Carta de autorización

Carta de autorización por parte del autor para consulta parcial o total, y publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Solage Micaela Viñan Capa**, declaro ser autora del trabajo de integración curricular denominado: **Evaluación del rendimiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*)**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrícola** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de integración curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los catorce días del mes de mayo del año dos mil veinte y cuatro.

Firma:



Autor: Solage Micaela Viñan Capa

Cédula: 1106071465

Dirección: El Capulí, Loja - Ecuador

Correo electrónico: solage.vinan@unl.edu.ec

Teléfono celular: 0995024654

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Diego Fernando Chamba Zaragocín, PhD.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico con todo mi amor a mi mamá Carmen Capa, por ser el pilar fundamental en mi vida, que con su apoyo y confianza me ayudado a salir adelante en todas las etapas de mi vida. Porque gracias a su esfuerzo y constancia, logró guiarme en cada paso de mi vida personal y académica, por estar ahí día con día a mi lado, apoyándome en los malos momento y celebrando los buenos. Por llenarme de aliento y fuerzas a través de su ejemplo, por no de caer y luchar por mí y mis hermanos. Hoy quiero que recoja junto a mí el fruto de mi trabajo y se sienta orgullosa de la mujer que formó. No me alcanzan las palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mí, solo puede decirle que esta va por usted mamita.

A mis hermanos Wilmer, Ariana y Arlet, por ser una fuente de inspiración y motivación en mi vida, para que algún día vean este trabajo y sea su ejemplo, de que sí yo puedo ustedes también. No puedo dejar de mencionar especialmente a mi abuelita Hipolita Ortiz, quien a pesar de la lejanía ha luchado y nos apoyado para salir adelante, sin su apoyo y cariño esto no hubiera sido posible.

Y como no mencionar a una persona muy especial en mi vida, a mi novio Dalton, por su apoyo, sus palabras de aliento y motivación, me ayudaron a no rendirme en este largo proceso.

Espero hacerlos sentir orgullosos con este logro y saber que siempre voy a contar con cada uno de ustedes en los demás proyectos que lleguen a mi vida personal y profesional.

Solage Micaela Viñan Capa

Agradecimiento

Quiero primeramente agradecer a Dios, a la Virgen y a San José, por bendecir mi vida y guiar mis pasos. De igual forma, quiero dar un agradecimiento especial e importante a mi director de trabajo de integración curricular el Ing. Diego Fernando Chamba Zaragocín, por guiar este trabajo con paciencia y disciplina, para conseguir el éxito de un trabajo bien hecho. Además, agradecerle por transmitirme sus conocimientos y enseñanzas como el gran profesor que es y que seguirá siendo.

A la Universidad Nacional de Loja y en especial a la Carrera de Ingeniería Agrícola, a los docentes que estuvieron a lo largo de toda mi formación académica, que con sus clases y sus vivencias propias me han demostrado el orgullo que es ser una Ingeniera Agrícola.

A los amigos y compañeros que fueron de apoyo y consejo para no decaer en la lucha, gracias a cada uno de ellos que de formas distintas tienen un valor especial en mi vida.

Muchas gracias.

Solage Micaela Viñan Capa

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos.....	xii
1. Título.....	i
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	6
4.1. Mecanización agrícola.....	6
4.1.1. <i>Antecedentes de la mecanización agrícola</i>	6
4.2. La maquinaria para la optimización agrícola	7
4.3. Tecnologías mecanizadas	7
4.3.1. <i>Características de las tecnologías mecanizadas</i>	7
4.3.2. Prototipo de una máquina	8
4.3.3. <i>Ejemplos de tecnologías mecanizadas en base a prototipos</i>	9
4.4. Máquinas picadoras: Definición	10
4.4.1. Tipos de máquinas picadoras	11
4.4.2. Máquinas de picado posterior al corte o recolección	11
4.4.3. Componentes que conforman las máquinas picadoras.....	12
4.5. Sistema motriz en las máquinas agrícolas.....	13
4.5.1. Motor estacionario a gasolina	13
4.5.2. Motores a Diésel.....	14
4.5.3. Motores eléctricos.....	15
4.6. Rendimiento de la maquinaria agrícola	15
4.6.1. Estimación del rendimiento de una máquina agrícola.....	16
4.6.2. Método general para el cálculo del rendimiento de una máquina.....	16

4.7. El maní (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	17
4.7.1. Rendimiento del cultivo del maní (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	18
4.8. La cáscara de maní.....	18
4.8.1. Composición química de la cáscara de maní	19
4.9. Residuos de cosecha agrícola.....	20
4.9.1. Antecedentes en el manejo de residuos de cosecha	20
4.9.2. Uso de los residuos orgánicos	21
4.9.3. Importancia de los residuos en la economía circular	21
4.10. Métodos de tratamiento de la materia orgánica.....	22
4.10.1. Compostaje	22
4.10.1.1. Fases de compostaje.....	23
4.10.1.2. Factores a monitorear durante el compostaje.....	23
4.10.2. Vermicompost	27
4.11. Los residuos de cosecha en aporte al mejoramiento del suelo	28
4.11.1. La materia orgánica para mejorar la estructura del suelo	28
5. Metodología.....	30
5.1. Ubicación de la investigación.....	30
5.2. Metodología.....	30
5.3. Materiales, equipos y reactivos	31
5.4. Metodología primer objetivo	32
5.4.1. Adquisición del material vegetal	32
5.4.2. Proceso de picado del material vegetal.....	32
5.4.3. Proceso de tamizado para determinar homogeneidad.....	33
5.4.4. Determinación de gasto de combustible	33
5.4.5. Determinación del tiempo de picado	34
5.4.6. Evaluación de costos de alquiler de la máquina	34
5.5. Metodología segundo objetivo	35
5.5.1. Proceso de descomposición	35
5.5.2. Mejora de las condiciones físicas del suelo.....	37
6. Resultados	41
6.1. Resultados para el primer objetivo: Medir la capacidad de procesamiento y el rendimiento de la máquina picadora en el triturado de la cáscara de maní.....	41
6.1.1. Capacidad de procesamiento y rendimiento de la máquina.....	41
6.1.2. Gasto de combustible	41
6.1.3. Homogeneidad del picado durante el triturado.....	42

6.1.4. Evaluación de costos de alquiler de la máquina	48
6.2. Resultados para el segundo objetivo: Caracterizar el material resultante del triturado en distintas granulometrías, determinando el tamaño adecuado para facilitar su descomposición y mejora de las condiciones del suelo.....	49
6.2.1. Parámetros analizados durante el proceso de compostaje	49
6.2.2. Mejoramiento de la estructura del suelo	52
7. Discusión.....	58
7.1. Medir la capacidad de procesamiento y el rendimiento de la máquina picadora en el triturado de la cáscara de maní.....	58
7.2. Caracterizar el material resultante del triturado en distintas granulometrías, determinando el tamaño adecuado para facilitar su proceso de descomposición y mejora de las condiciones del suelo.....	60
7.2.1. Proceso de descomposición	60
7.2.2. Mejora en las condiciones del suelo	61
8. Conclusiones.....	64
9. Recomendaciones.....	66
10. Bibliografía.....	67
11. Anexos.....	84

Índice de tablas

Tabla 1. Características de la tecnología mecanizada según diferentes autores	8
Tabla 2. Factor de abundamiento	17
Tabla 3. Parámetros de temperatura óptima	24
Tabla 4. Porcentaje de aireación óptimo	25
Tabla 5. Parámetros de humedad óptimos	26
Tabla 6. Parámetros de pH óptimos	27
Tabla 7. Descripción de ensayos para proceso de picado del material vegetal	33
Tabla 8. Combinación de los tratamientos utilizados durante los ensayos	39
Tabla 9. Rendimiento promedio del prototipo de la máquina picadora en t.h ⁻¹ sobre el procesamiento de la cáscara de maní.....	41
Tabla 10. Gasto de combustible por cada ensayo en el proceso de triturado	42
Tabla 11. Resumen del análisis de varianza para la cantidad de material tamizado por cada muestra	47
Tabla 12. Análisis de varianza de las muestras tamizadas del material vegetal	48
Tabla 13. Costo de alquiler de la máquina picadora por quintal y tonelada de la máquina picadora, en el triturado de la cáscara de maní.....	49
Tabla 14. pH promedio de las composteras al inicio, a los treinta y sesenta días de su evaluación.....	51
Tabla 15. Pesos del material vegetal al inicio y final de cada tratamiento	52
Tabla 16. Comparación de los promedios de los bloques con los parámetros iniciales propiedades físicas y químicas del suelo procedente de la Quinta Experimental “La Argelia” – UNL 2023-2024.....	53
Tabla 17. Propiedades físicas y químicas del suelo al final de los ensayos, procedente de la Quinta Experimental “La Argelia” - UNL 2023	55
Tabla 18. Alturas de las plantas de tomate Cherry en cada uno de los bloques y tratamientos a los 60 días con la aplicación de cáscara de maní en diferentes diámetros y volúmenes	57

Índice de figuras

Figura 1. Sistema de picado de volante con cuchillas radiales	11
Figura 2. a) Picadoras de cilindro, seccionadas en “V” y b) Picadoras de cilindro continuas o enteras.....	12
Figura 3. Motor a gasolina cuatro tiempos HONDA GP200.....	14
Figura 4. Cáscara de maní	19
Figura 5. Sistema de pilas de compostaje	22
Figura 6. Sistema de camas para vermicompostaje	28
Figura 7. Ubicación de la Quinta Experimental "La Argelia"	30
Figura 8. Ubicación de las composteras para el proceso de compostaje	36
Figura 9. Distribución de las unidades experimentales por bloque, para el proceso del mejoramiento de las condiciones físicas del suelo	38
Figura 10. Ejemplo de etiquetas empleadas para la distribución de los ensayos.	40
Figura 11. Homogeneidad del tamizado	43
Figura 12. Volumen de material vegetal obtenido en cada tamiz, resultante del tamizado de una muestra.....	44
Figura 13. Porcentaje total de material procesado de todas las muestras vegetales	45
Figura 14. Porcentajes (%) del material triturado y material sin triturar	46
Figura 15. Comparación de las temperaturas promedio en cada tratamiento en función del tiempo.....	50
Figura 16. Comparación de los promedios de los bloques con los parámetros iniciales y finales en los resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo procedente de la Quinta Experimental “La Argelia” – UNL 2023-2024.	54
Figura 17. Alturas promedio de las plantas de tomate Cherry en cada uno de los bloques a los 60 días con la aplicación de cáscara de maní en diferentes diámetros y volúmenes.....	56

Índice de anexos

Anexo 1. Recepción de la materia prima.....	84
Anexo 2. Proceso de triturado de la cáscara de maní	84
Anexo 3. Recolección y conservación del material triturado	85
Anexo 4. Proceso de tamizado del material triturado.....	85
Anexo 5. Preparación y establecimiento de los ensayos para proceso de descomposición	86
Anexo 6. Preparación de los ensayos para mejoramiento de la estructura del suelo	86
Anexo 7. Establecimiento de los ensayos para mejoramiento de las condiciones del suelo...	86
Anexo 8. Ensayos a los 30 y 60 días desde su aplicación	87
Anexo 9. Tratamiento con aplicación de material vegetal y testigo del Bloque uno y Bloque dos.....	87
Anexo 10. Día de campo al finalizar con la investigación	88
Anexo 11. Costos adicionales para la estimación del costo de alquiler de la máquina picadora	88
Anexo 12. Promedios de temperatura °C durante el proceso de descomposición para la cáscara de maní en un periodo de 30 días	88
Anexo 13. Certificado traducción del resumen	89

1. Título

Evaluación del rendimiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*)

2. Resumen

La cáscara de maní es un residuo de cosecha de fácil disposición, rico en materia orgánica y nutrientes, que puede ser una buena fuente de mejoramiento en las condiciones del suelo, siendo necesario el uso de maquinaria que facilite el manejo de este residuo, reduciendo la carga de trabajo y optimizando el tiempo. El objetivo de este trabajo de integración curricular fue evaluar el rendimiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*) y caracterizar el material resultante para el proceso de descomposición y mejoramiento de las condiciones del suelo de la Quinta Experimental La Argelia de la UNL. Para ello, se llevó a cabo un diseño de investigación experimental, en dos fases: primero, se midió la capacidad de procesamiento y rendimiento de la máquina, para luego tamizar el material resultante con diámetros de 4, 8 y 10 mm. Luego se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, donde se utilizó el material tamizado y un testigo sin aplicación de residuo en un suelo franco limoso reflejado en el cultivo de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum*). Los resultados mostraron que el prototipo de máquina picadora fue medianamente eficiente, ya que solo el 67 % del material fue triturado, con un bajo consumo de combustible. La tarifa de alquiler de la máquina es accesible e incluyó costes de operario. El material triturado presentó una composición química que dificultó su descomposición a condiciones naturales, siendo las partículas de 4 mm las que tuvieron mayor proximidad a este proceso. Respecto al mejoramiento de las condiciones del suelo el pH, materia orgánica, densidad aparente y porosidad, siendo las partículas de 10 mm las que incrementaron más el pH y la porosidad, y las de 4 mm que aportaron más materia orgánica. En la aplicación de los sustratos, la altura de las plantas de tomate fue similar en todos los tratamientos, pero mejor con las partículas de 8 mm, con mayores alturas. Se concluyó que el prototipo de máquina picadora es una buena alternativa para la generación de abonos y material que mejore las condiciones del suelo a partir de la cáscara de maní.

Palabras claves: Aplicación de la cáscara de maní; mejoramiento del suelo; prototipo picador; rendimiento de la máquina.

Abstract

This paragraph discusses the peanut shell, which is a harvest residue that is easily disposed of. It is rich in organic matter and nutrients, making it a potential soil improvement source. To manage this residue effectively, machinery is necessary to reduce labor and optimize time. The curricular integration project aimed to evaluate the performance of a prototype shredding machine for obtaining crushed elements from peanut shells (*Arachis hypogaea* L.). Additionally, the resulting material was characterized for its role in soil decomposition and enhancement at the Quinta Experimental La Argelia of the UNL. The study followed an experimental research design with two phases: first, measuring the machine's processing capacity and performance, and then sieving the resulting material with diameters of 4, 8, and 10 mm. Subsequently, a completely randomized experimental design was employed, including four treatments. The sieved material and a control group without residue application were tested in a loamy soil during the cultivation of Cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*). The results indicated that the shredding machine prototype was moderately efficient, with only 67% of the material being crushed and low fuel consumption. The machine rental fee was affordable and included operator costs. However, the chemical composition of the crushed material hindered natural decomposition, with the 4 mm particles showing the closest proximity to this process. Regarding soil improvement, the pH, organic matter, bulk density, and porosity were evaluated. Among the particle sizes tested, the 10 mm particles had the most significant impact on increasing both pH and porosity, while the 4 mm particles contributed the most organic matter. In terms of substrate application, tomato plant height was similar across all treatments, but 8 mm particles resulted in taller plants. The study concluded that the shredding machine prototype is a viable alternative for generating fertilizers and materials that enhance soil conditions using peanut shells

Keywords: Peanut shell application; soil improvement; chopper prototype; machine performance.

3. Introducción

A nivel mundial la mecanización agrícola es un impulso al desarrollo y la productividad del campo, que a través de la incorporación de maquinaria y nuevas tecnologías han ayudado en la producción de alimentos y la economía agraria (Jijingi & Simeon, 2017). Por otro lado, Cortés *et al.* (2009) señalan que el uso de estos procesos de mecanización adecuados, han sido decisivos en la modernización y obtención de procesos más acelerado y eficientes en el campo.

A pesar que en Ecuador, la agricultura es un sector clave en la economía, es evidente el ineficiente uso y desarrollo de la maquinaria agrícola (Intriago, 2019). Según García-Arias *et al.*, 2023, el problema radica en dos aspectos; el primero y más notorio es la falta de conocimiento sobre el uso de la mecanización agrícola y sus avances tecnológicos, principalmente en la mayoría de los pequeños y medianos productores de bajos recursos; y el segundo, es la escasa oferta y evaluación de máquinas en tareas específicas o similares. Además López-Pérez *et al.* 2020 mencionan que para implementar herramientas mecanizadas en el campo agrícola, es esencial realizar un diagnóstico del lugar a mecanizar y establecer un programa de manejo correcto, esto contribuirá al uso óptimo de los recursos naturales, la reducción de los costos de producción, el aumento de la productividad y el desarrollo económico (Elverdin *et al.*, 2018).

Otra problemática que se presenta en la agricultura, es la producción de residuos de cosecha, que generalmente son un grave problema, por la gran cantidad de recursos que se emplean para producir los productos agrícolas, que posteriormente se desechan y que podría ser reutilizados (Vargas *et al.*, 2019). Solo enfocándonos en la provincia de Loja, principalmente en los cantones Paltas, Chaguarpamba y Céllica, podemos observar que un punto importante en la producción del cultivo de maní es la gran cantidad de biomasa residual que produce, siendo un verdadero inconveniente en el tratamiento y disposición de estos residuos por el gran volumen que ocupa y el riesgo de autoignición (sustancia combustible capaz de arder sin necesidad de fuente externa de calor) que el mismo posee, por su tiempo de degradación muy lento en ambientes naturales (Fermanelli *et al.*, 2018). Es aquí donde el problema de la falta de maquinaria y tecnologías avanzadas, es más notorio, llevando a la generación de más efectos negativos a nivel ambiental, social y económico (Kaza *et al.* 2018; Eguillor, 2019; Bermúdez *et al.*, 2023).

No obstante, en la actualidad el manejo de residuos con la mecanización agrícola es un tema importante en la agricultura moderna, ya que puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de los procesos agrícolas (Ramos & Terry, 2014). Siendo uno de sus objetivos la reducción del uso de productos químicos para la producción de alimentos y resaltando la aplicación de la agricultura orgánica, que se basa en buscar fuentes ricas en nutrientes y materia orgánica (Murillo-Montoya *et al.*, 2020). A pesar de esto, son pocos los residuos que se reciclan, como es el caso de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*), que por su composición aumenta el tiempo de degradación y causa que emplee muy poco para la elaboración de estas enmiendas (Elverdin *et al.*, 2018).

Ante ello, la presente investigación se centra en evaluar un prototipo de máquina picadora para restos de residuos vegetales, que ha sido diseñada con el fin de contribuir al campo agrícola, en este caso a partir de la obtención de elementos triturados de la cáscara de maní. Caracterizando el material triturado para mejora en su proceso de descomposición y el mejoramiento de las condiciones del suelo. Al ser un prototipo de fabricación estándar, se procedió a obtener datos correspondientes al rendimiento de la máquina, tiempo de procesado, homogenización del material triturado, consumo de combustible y un análisis de costos de alquiler.

Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de un prototipo de máquina picadora en el procesamiento de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*) en la obtención de material triturado con fines de aprovechamiento.

Objetivos específicos

- Medir la capacidad de procesamiento y el rendimiento de la máquina picadora en el triturado de la cáscara de maní.
- Caracterizar el material resultante del triturado en distintas granulometrías, determinando el tamaño adecuado para facilitar su proceso de descomposición y mejora de las condiciones del suelo.

4. Marco Teórico

4.1. Mecanización agrícola

4.1.1. Antecedentes de la mecanización agrícola

A lo largo de la historia, la evolución de la maquinaria agrícola ha venido junto al crecimiento de la población y agricultura, desde el hombre que utilizaba sus manos para labrar el suelo, el descubrimiento de las herramientas hechas de piedra y madera accionadas con su propia fuerza, el empleo de la fuerza de animales para arrastrar herramientas, hasta llegar a la aplicación de máquinas accionadas por motores a partir de combustibles fósiles. En la actualidad, se está optando también por el uso de energía proveniente de fuentes energéticas renovables y herramientas tecnológicas, con la introducción de dispositivos electrónicos e informativos en las máquinas, dando paso a la agricultura de precisión (Pérez de Corcho Fuentes *et al.*, 2017; Ruiz-Altisent & Gil, 2000).

Para Intriago (2019) la mecanización en el Ecuador empieza con la introducción del tractor que llegó en la década de los treinta. Donde se destacaron un gran número de acontecimientos como: el auge de la mecanización agrícola, la fundación de una empresa de mecanización agrícola, la fundación de una entidad pública encargada de impulsar las actividades de mecanización agrícola en Ecuador denominado el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Mientras que, Boza *et al.* (2021) mencionan que las zonas mayormente mecanizadas en el país se encuentran en las provincias de Guayas, Los Ríos y Pichincha, mientras que las provincias del Azuay, Chimborazo y Loja presentan bajos índices de mecanización. Por lo que, aproximadamente el 90% de las unidades mecanizadas se encuentran en las regiones de la Costa y Sierra, la Costa se caracteriza por tener los sistemas productivos empresariales en grandes extensiones, principalmente para cultivos de exportación, mientras que la Sierra se caracteriza por la mayoría de los sistemas productivos mercantiles hasta marginal o familiar.

Los principales proveedores de maquinaria en Ecuador han sido proveniente de Estados Unidos, Alemania, Brasil, Reino Unido, Canadá, China y Japón, aunque la maquinaria estadounidense es la que ha tenido mayor aceptación entre los productores agrícolas, esto debido a la adaptabilidad a las condiciones de terreno, condiciones climáticas, calidad, mantenimiento, soporte técnico, entre otras (Proexport Colombia, 2004).

4.2. La maquinaria para la optimización agrícola

La creación y aplicación de la mecanización agrícola junto a una orientación adecuada, han posibilitado la mejora de la productividad y la seguridad alimentaria en una región. Su correcta inversión e innovación en el área de la mecanización agrícola ha logrado generar mayores niveles de ingresos en los agricultores, con un aumento en la comercialización y oferta de sus productos. Es por esto que el manejo de procesos de mecanización adecuados han sido factores decisivos para la modernización y el alcance de más logros (Aragundi & Pacheco, 2022; Elverdin *et al.*, 2018).

Asimismo, Hernández *et al.* (2020) mencionan que ha logrado reducir las horas de trabajo y el esfuerzo dedicadas a la agricultura convencional, dejando más tiempo disponible para realizar otras actividades. Cortés *et al.* (2009) señalan que la inversión que se realiza en cuanto a la adquisición de nuevas tecnologías mecanizadas es factible a cortos plazos, siempre y cuando con el uso se logren reducir considerablemente pérdidas en la producción, las pérdidas que pueden ser causadas por algunos métodos convencionales de manipulación durante la cosecha, según su análisis menciona que estas pérdidas se encuentran entre el 30 % y 40 % de una producción total.

Otro aspecto de importancia en el sector agropecuario ecuatoriano es que con la aplicación de la mecanización se ha logrado mantener e incrementar los índices de las exportaciones, mejorando en la calidad de los productos para ingresar a los mercados internacionales (Armijos, 2021).

4.3. Tecnologías mecanizadas

4.3.1. Características de las tecnologías mecanizadas

Las características o criterios con los que debe contar una máquina para su funcionamiento no han cambiado desde sus orígenes, simplemente se han modificado y acoplado a los avances de las tecnologías. Es por esto, que las tecnologías mecanizadas se refieren al diseño y elaboración de prototipos a pequeña escala, con usos tanto en las fases de producción como de productividad. En cuanto al cumplimiento de las expectativas de las personas que las utilizan y se benefician de ellas son buenas, pero sugieren leves cambios que se las vuelvan compatibles con sus entornos culturales y locales (Akubue, 2000).

Algunos de los criterios y características descritas por varios autores son presentadas en la Tabla 1, las cuales fueron clasificadas por varios aspectos. Entre ellas se contemplan los trabajos de Wicklein (1998), Akubue (2000), Fisher (2006) y Murphy *et al.* (2009).

Tabla 1.

Características de la tecnología mecanizada según diferentes autores

Aspectos	Wicklein (1998)	Akubue (2000)	Fisher (2006)	Murphy <i>et al.</i> (2009)
Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Imagen de modernidad. - Multifuncional - Alta capacidad de evolución. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible con infraestructura existente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño ergonómico - Resistente y duradero. - baja probabilidad de fallo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumple las necesidades básicas. - Cumple los requisitos técnicos deseados.
Productivos	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado riesgo y muchos factores de fracaso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñada a pequeña escala. 	-----	-----
Costo	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo Asequible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo, asequible para la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asequible.
Materiales y Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Independiente de otros sistemas de apoyo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización racional de los recursos locales eficiente en el uso de recursos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricada localmente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza materiales y recursos locales.

Fuente: (Blanco, 2018 p. 17)

4.3.2. Prototipo de una máquina

Para Angeles-Angeles (2020) “un prototipo es un primer modelo que sirve como representación o simulación de un producto final” (p. 34) además, se agrega que es importante verificar y comprobar si el diseño cuenta con las características necesarias para cumplir con una actividad en específico y se ejecute con eficiencia, sin embargo, es importante considerar

mejoras o ajustes posteriores en cuanto a procesos, elementos y complementos que permitan mejorar la máquina y su finalidad de trabajo al ser necesario.

Para Mimendi & Medina (2021), un prototipo de máquina como la representación física de una idea a través de un diseño estándar. Consideran que es importante evaluar los problemas que puedan suscitarse durante su uso y presentar posibles soluciones, generalmente este tipo de máquinas suelen ser utilizado con fines comerciales con el fin de obtener la información necesaria para introducirlas a un mercado o sobre mejoras que se deben realizar.

4.3.3. Ejemplos de tecnologías mecanizadas en base a prototipos

Varios autores contemplan numerosos ejemplos de proyectos sobre el diseño y la fabricación de máquinas y equipos destinadas al uso y la optimización de actividades industriales, agropecuarias, entre otras. En sus trabajos la mayoría de ellos describen las decisiones previas, el tipo de diseño y los cálculos llevados a cabo para la ejecución final del proyecto y en algunos de los casos la realización de prototipos, describiendo su implementación, implantación y su funcionamiento final, siendo esta una manera de poder realizar cambios o ajustes necesarios para que se transformen en tecnologías mecanizadas funcionales (Blanco, 2018).

Para el desarrollo de prototipos en el campo de la agricultura existen numerosas referencias de proyectos, a gran escala internacional y otros a escala de pruebas locales, de los cuales se citan las siguientes:

Fisher (2006) que incentiva al crecimiento económico mediante la creación de fuentes de empleo y el impulso de tecnologías mecanizadas, en su proyecto KickStar realiza el rediseño de bombas para riego en Kenya observando las necesidades de los agricultores más pobres, teniendo diseños a bajo costo de creación y transportables para succionar el agua de fuentes subterráneas para regar, mejorando su producción y condiciones de vida.

En este mismo contexto, Weiss *et al.* (2006) platearon un proyecto donde llevaron a cabo el rediseño de una máquina trituradora de fruto del árbol de pan, debido a que, se volvió difícil realizar la construcción del primer prototipo por la indisponibilidad de algunos componentes y materiales en el lugar de origen de la idea. Por esto, el objetivo principal de su proyecto se basa en realizar la máquina de forma más sencilla en un país de desarrollo como Haití con los materiales locales disponibles, reducir el número de piezas, limpieza y

mantenimiento más sencillo y principalmente a bajo costo. Fuera de estos puntos de interés los investigadores buscaron información acerca de los precios y disponibilidad de los materiales, los procesos de fabricación más realizados, etc.

Una experiencia a nivel local, es el desarrollado por Alvarado (2023) donde evaluó un prototipo de máquina picadora para forrajes, residuos de cosecha y restos de poda arbóreas, realizando mejoras y cambios a la máquina donde modifica el ángulo de la tolva con mayor inclinación, con el propósito de que no haya atascamiento de material a procesar, también otro aspecto que cambia es el sistema de salida de material donde lo deja corto al sistema de corte por cuchillas cilíndrico. En sus pruebas evalúa el gasto de combustible, tiempo de triturado y peso del material, los mismo que determinan el rendimiento y la eficiencia de trabajo en la máquina arrojando que es adecuada para forrajes, principalmente atarraya de maíz y pasto de corte, en cuanto al raquis de plátano su funcionamiento es medianamente eficiente, siendo la humedad que baje el rendimiento y aumente ligeramente el consumo de combustible. Por otro lado, se hizo pruebas con material de podas de ramas de aboles de alisos con diámetros menores a 22 mm, donde cumplió eficientemente el triturado.

4.4. Máquinas picadoras: Definición

Vargas *et al.* (2019) las describen, como máquinas que han sido pensadas, diseñadas y construidas con la finalidad de eliminar y reducir cualquier tipo de material de origen natural o industrial, entre ellos, los desechos o desperdicios producidos por diferentes actividades humanas como agrícolas, crianza de animales, de hogar, etc., con la finalidad de volverlo manejable. La estructura de estas máquinas comprende de una tolva o boca de entrada, un sistema de corte que es accionado por un motor, un cilindro, un sistema de arranque y un sistema de corte con cuchillas. Carrera & Vargas (2016) agregan que son máquinas empleadas para procesar material, cuyo objetivo principal es disminuir el tamaño del original con un fin determinado, presentando máquinas automatizadas que eliminen técnicas de triturado manual.

Su función consiste en recibir por medio de una tolva material ya sea verde o seco y transportarlo mediante rodillos alimentadores hasta un cilindro o volante que realice el proceso de picado en partes más pequeñas, dependiendo de las regulaciones que se dirijan a la máquina por medio del operario. Logrando reducir grandes cantidades de biomasa de cualquier material en un corto tiempo (Salas & Villacrés, 2012).

4.4.1. Tipos de máquinas picadoras

Existe una gran variedad de máquinas picadoras a nivel nacional e internacional, que se clasifican por sus características físicas y de trabajo; por ejemplo, por su tamaño, la dirección de las cuchillas de corte, el lugar donde realizan la actividad de triturado, entre otras. Guijarro Paguay & Paguay Ocaña (2011) confirman que este tipo de máquinas son de gran interés para los agricultores, ya que, les ayuda y facilita el manejo y control de los restos generados durante la producción. Es por esto que el nombre la máquina ira en función al trabajo a realizar.

4.4.2. Máquinas de picado posterior al corte o recolección

Bragachini *et al.* (2008) en su manual presentan que para este tipo de máquinas que realizan el picado luego del corte, la clasificación a establecer es la siguiente:

1. Picadoras con cuchillas radiales: De volante.
2. Picadoras con cuchillas superficiales: De cilindro

Picadoras de volante (corte paralelo al eje de rotación)

Bragachini *et al.* (2008) describe que, en este tipo de picadoras la orientación del eje de rotación es paralela a la boca por donde ingresa el material. Su sistema de corte es de tipo tijera por la ligera inclinación de sus cuchillas con respecto a los radios de su circunferencia (Figura 1), característica que otorga que el corte sea progresivo y se reduzcan las vibraciones, aprovechando de forma eficiente la potencia de trabajo. Una de sus desventajas en este tipo de picadoras, es el corte no prolijo.

Figura 1.

Sistema de picado de volante con cuchillas radiales



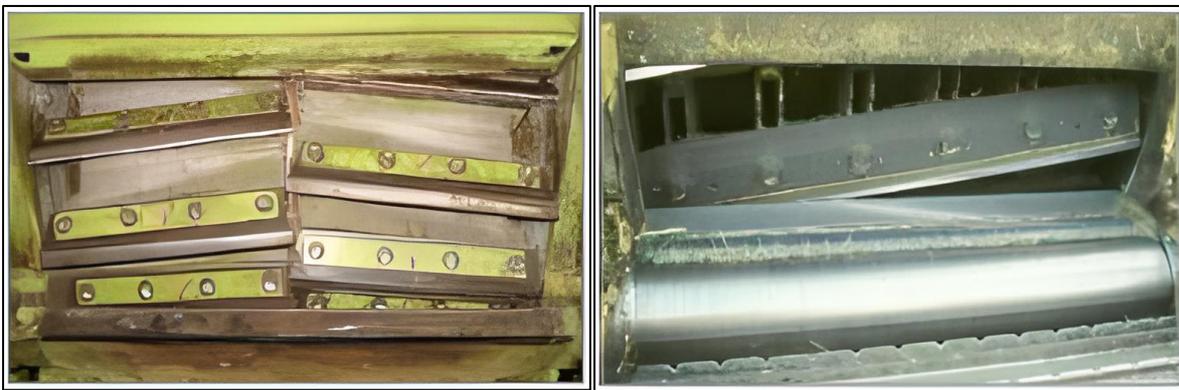
Fuente: (Bragachini *et al.*, 2018 p. 8)

Picadoras de cilindro (corte perpendicular al eje de rotación)

En este tipo de picadoras el número de cuchillas dependerá del diseño según el diámetro del cilindro, las mismas tendrán una inclinación entre 8 ° y 20 ° respecto al eje de rotación, optimizando el aprovechamiento de la potencia y el paso del material. Puede haber dos tipos de colocaciones de las cuchillas, la primera separada en pequeñas secciones (Figura 2) y la otra de sección continua (Figura 3). En ambos casos, el sistema el corte es progresivo por cada una de las cuchillas de la máquina, aumentando así su vida útil y reduciendo la cantidad de vibraciones (Bragachini *et al.*, 2008).

Figura 2.

a) Picadoras de cilindro, seccionadas en “V” y b) Picadoras de cilindro continuas o enteras



Fuente: (Bragachini *et al.*, 2018 p.9)

4.4.3. Componentes que conforman las máquinas picadoras

Según Guijarro Paguay & Paguay Ocaña (2011) las máquinas agrícolas se componen de cuatro componentes principales:

El armazón: Parte exterior donde se ensamblan todos los mecanismos de la máquina.

Componentes de interconexión: Se emplean para interconectar los componentes entre sí con el armazón.

Instrumentos de transmisión: Encargados de transmitir la energía y la potencia de un lugar a otro en la máquina.

Instrumentos de trabajo: Activan la reacción de trabajo para la cual fue diseñada la máquina.

Los mismos autores concluyen que; el armazón, los componentes asociados y los componentes de transmisión pueden ser construidos con cualquier tipo de material normalizado

disponible en el mercado. También señalan que los componentes de trabajo dependen únicamente del propio diseño y su fabricación, y, por último, que el componente de trabajo es fundamental para la ejecución del trabajo de la máquina.

4.5. Sistema motriz en las máquinas agrícolas

Para González (2015; 2018) el sistema motriz está conformado principalmente por los motores, que tienen la capacidad de transformar la energía térmica en energía mecánica, de tal forma que, se proporcione una fuerza de trabajo, dando como resultado el movimiento de la máquina.

De igual forma, Rovira de Antonio & Muñoz (2015) añaden que los motores son máquinas capaces de transformar un fluido altamente inflamable en una fuente de energía, está conformado por una pieza principal da la forma de un reactor y en su interior este compuesto por otro bloque con cilindros (pistones) encargados de transportar los gases a través de todo el motor. Existen diferentes tipos de motores, que son agrupados principalmente por el tipo de combustible que consumen.

4.5.1. Motor estacionario a gasolina

En la Figura 3, se presenta un tipo de motor de combustión interna que obtiene su energía de movimiento a través de la combustión del combustible (gasolina). Para su creación se tomó como modelo a los motores de ciclo Diesel, este tipo de motores puede ser de dos o cuatro tiempos. En los motores de dos tiempos, el cambio de gases y el ciclo general de una vuelta del cigüeñal es muy diferente al de cuatro tiempos, donde, el cambio de gases se realiza mediante válvulas, y se relaciona con dos vueltas al cigüeñal, donde cada ciclo se compone de cuatro fases (admisión, compresión, explosión y escape). Su movimiento es provocando por el proceso de combustión de forma externa, es decir, su encendido es causado por una chispa de la bujía (González, 2018).

Figura 3.

Motor a gasolina cuatro tiempos HONDA GP200



Fuente: (Energía Global, s.f)

Escobar-Tapia & Vaca-Martínez (2010); Mora-Men (2020) señalan que, en los motores a gasolina, la eficiencia se ve limitada por factores como la pérdida de energía durante la fricción y refrigeración, esto en relación a la proporción de los volúmenes máximos y mínimos de la cámara de combustión y el grado de compresión. Si se establece en proporciones este tipo de motores solo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica, obteniendo un porcentaje en cuanto a la eficiencia del 20 al 25 %.

4.5.2. Motores a Diésel

En los últimos tiempos se ha visto que la agricultura se ha convertido en la que más hace utilidad de motores a diésel en máquinas de uso agrícola, como es el caso de los tractores que los utilizan para realizar distintas actividades en una producción. En un motor diésel, aunque su diseño sea similar a motores de gasolina, sus tres diferencias los hacen peculiares y reconocibles (Martín, 2020). Su encendido lo realizan mediante energía generada por un proceso de compresión y por lo mismo carecen de un sistema de encendido exterior, no necesitan de un carburador porque solo aspirar aire para rellenar sus cilindros, tienen la particularidad de inyectar el combustible es en forma de choro pulverizado a una alta presión y por esto emplean una bomba de inyección de combustible (Kates & Luck, 2021).

Según Ramírez (2018) la eficiencia de trabajo de un motor es del 67 %, las pérdidas de energía oscilan entre un 33%, siendo la eficiencia real del 48 %, mencionando que las pérdidas de energía en este tipo de máquinas son de grado crítico, principalmente por el calor que se

disipa al no ser aprovechado en su totalidad. Su proceso de inyección se calcula en la fase de compresión, en la cámara de combustión, a presiones de 100 a 250 kg/cm³, siendo el consumo de combustible mínimo una de sus características principales.

4.5.3. Motores eléctricos

El motor eléctrico es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica a través de campos magnéticos, estos motores se componen principalmente por dos piezas: el estator y el rotor. Una de las ventajas de tener menos partes mecánicas es que son menos propensas a fallar, siendo más ágiles al momento de cambiar de potencia y pasar de forma rápida de la posición de ralentí a la posición de trabajo completo. Con un solo motor se puede crear un sistema que es capaz de impulsar una máquina (Carrillo López *et al.*, 2022).

En motores pequeños con menos de 1 hp de fuerza la eficiencia de trabajo es del 80 %, y en grandes capacidades pueden alcanzar hasta el 96 % de eficiencia total. Con respecto a la eficiencia de los motores eléctricos se estima que estos son superiores en comparación a los motores de combustión interna siendo más compatibles, silenciosos y menos contaminantes que los motores a gasolina o diésel. Otra de las características que los distinguen es su larga vida útil siendo hasta de 30 años de vida y de 10 años en máquinas industriales (Fosado, 2018).

4.6. Rendimiento de la maquinaria agrícola

Se puede definir como el número de unidades de trabajo que puede realizar una máquina en una unidad de tiempo, generalmente dentro de una hora o un día las unidades con las que se mide comúnmente son por metro cúbico o por tonelada, representándose en m³/h o ton/h (Sánchez-Varela, 2018) existiendo otras unidades de medida. Asimismo, Alvarado *et al.* (2018) y Mayorca (2019) concuerdan y señala que en el rendimiento de una máquina agrícola pueden influir factores como: las características de la máquina, el tipo de trabajo que debe realizar, el tiempo aprovechado y desperdiciado, la velocidad de ejecución, la cantidad de combustible utilizado para realizar la tarea. Además, señalan que es importante considerar tanto la cantidad como la calidad cuando se evalúa el rendimiento de una máquina.

La definición de Ortmann (2005) es más ajustada, definiendo que el rendimiento de una máquina está en dependencia del motor que tenga, debido a que, no toda la energía que produce el combustible es convertido en trabajo mecánico, perdiendo una parte de la energía invertida, por lo tanto, el rendimiento de una máquina es menor al 100 %.

4.6.1. Estimación del rendimiento de una máquina agrícola

Para Vargas (1999) existen tres maneras de estimar el rendimiento de una máquina:

Tablas o manuales del fabricante: esta información es útil se utilizan las fichas técnicas propias de cada fabricante donde describen a través de gráficos y cuadros la información sobre la operación de máquina y los rendimientos que puede alcanzar.

Por observación directa: para esta estimación se requiere de un tiempo considerable, realizándose de forma directa en el sitio de la operación, analizando condiciones naturales y técnicas.

Mediante fórmulas: existe un método general que se basa en cinco aspectos básicos, capacidad volumétrica de la máquina, tiempo de ciclo, número de ciclo por hora, rendimiento teórico y factores de eficiencia.

4.6.2. Método general para el cálculo del rendimiento de una máquina

Vargas (1999) describe cada una de las fórmulas para cada uno de los aspectos básicos para este método general:

- a) Capacidad volumétrica de la máquina.

$$CV = (m^3/ciclo)$$

- b) Tiempo de ciclo:

$$T = t_f + t_v$$

Donde:

t_f = Tiempo fijo. Que es aquel que no cambia para un mismo tipo de máquina y trabajo (duración pequeña) maniobras, carga y descarga.

t_v = Tiempo variable. Es aquel que depende de la distancia a recorrer y de la velocidad.

- c) Número de ciclos por hora

$$NC = 60 (\text{min/hr}) = \text{ciclos/hora}$$

$$T (\text{min/ciclo})$$

- d) Rendimiento teórico

$$RT = CV (m^3/ciclo) * NC (ciclo/hr) = m^3/hr$$

CV = capacidad volumétrica de la máquina.

NC = número de ciclos por hora.

e) Resumen de eficiencias

RE = producto de factores/factor de abundamiento

El factor de abundamiento se obtiene a partir de la Tabla 2 que describe el tipo de suelo y el factor correspondiente por cada uno de ellos.

Tabla 2.

Factor de abundamiento

Material	Factor de abundamiento
Arcilla, limo	1,30
Arena, grava	1,15
Concreto, piedra	1,50

Fuente: (Manual Técnico de Construcción de Holcim Apasco, s.f)

Hay que considerar que no todos los factores se aplican a todas las máquinas, estos se deben seleccionar de acuerdo a las condiciones de trabajo.

4.7. El maní (*Arachis hypogaea* L.)

El maní (*Arachis hypogaea* L.) como cultivo y materia prima es importante para la agricultura, la alimentación humana y animal, la industria de la farmacéutica, la economía, entre otros (Nieto & Lesmes, 2018). Según Pérez & García (2015) este cultivo representa un producto de gran valor socioeconómico para un gran número de agricultores, por ser una fuente de ingreso económico a sus hogares, siendo en algunas ocasiones la única fuente de ingresos disponible. Considerándose un cultivo rentable por muchos motivos, debido a que, se produce en suelos con una baja fertilidad, es resistente a la sequía, ayuda a fijar el nitrógeno del aire al suelo y es una buena opción para la rotación de cultivos.

Se estima que alrededor de 42,63 millones de toneladas de maní (*Arachis hypogaea* L.) se recolectan por año y aproximadamente más de 3,50 millones de toneladas se derivan como reserva de proteínas para uso en alimentos y forrajes. Sin embargo, se resalta que no solo se puede hacer utilidad de la semilla, sino que también hoy en día se está recuperando el empleo

de los residuos que se generan después de su cosecha, como es el uso de la cáscara o vaina para la elaboración de combustible y carbón activo, elaboración de abonos orgánicos o para alimentación de animales (Sánchez *et al.*, 2014).

4.7.1. Rendimiento del cultivo del maní (*Arachis hypogaea L.*)

En el mundo existen alrededor de 21 millones de hectáreas que corresponden a la siembra del cultivo de maní (*Arachis hypogaea L.*). Siendo China el primer productor a nivel mundial cubriendo una superficie de 3,6 millones de ha cultivables produciendo 6 millones de ton/año. Seguido en segundo lugar por la India con 8 millones de ha de tierra cultivable con 5,6 millones de ton/año en producción. Mientras que países como: Nigeria, EEUU, Indonesia y Argentina producen aproximadamente entre 1 y 1,5 millones de t/año (Fernandez *et al.*, 2017).

En Ecuador las principales provincias dedicadas a la producción de maní (*Arachis hypogaea L.*) son: Manabí, Loja y el Oro, en donde cubren una superficie de tierra cultivable de 10 000 a 15 000 hectáreas en diferentes líneas de maní, produciendo un rendimiento promedio de 800 kg/ha de maní en cáscara por año, hasta de 10 a 20 qq/ha (Jácome *et al.*, 2018). Por parte, (Garcés *et al.*, 2015) hace referencia que en nuestro país este cultivo es de alta demanda por el alto consumo a nivel nacional en forma de productos simples, elaborados y chocolates.

Según Garcés-Fiallos *et al.* (2014) en la provincia de Loja, los cantones con mayor superficie de siembra son Paltas (1 254 ha), Chaguarpamba (942 ha), Gonzanama (437 ha) y Celica (252 ha) cultivando cuatro diferentes variedades entre ellas el criollo, negro, caramelo y rojo. En superficie se estima que aproximadamente entre 15 000 a 20 000 ha se emplean para el cultivo de maní (*Arachis hypogaea L.*) lo que equivale a un 49 % del área nacional con un rendimiento de 4 000 a 5 000 kg/ha. El volumen de la producción que es comercializado es de 3 713 toneladas siendo mayor la cantidad que se produce de la que se consume, destinando aproximadamente el 75 % de su producción para la comercialización (Aguilar, 2014).

4.8. La cáscara de maní

Farías (2015) describe a la cáscara o vaina de maní como la capa externa que cubre al grano, que es de una textura rugosa y puede medir entre 5 mm y 20 mm, esto en dependencia

de la especie a la que pertenezca, entre unas de sus características más reconocibles es su peso muy ligero, su color opaco y su forma tal y como se puede ver en la Figura 4.

Su función principal es proteger al grano mientras este se desarrolla de forma subterránea manteniéndolo sano y limpio.

Figura 4.

Cáscara de maní



Fuente: Por el autor

4.8.1. Composición química de la cáscara de maní

Macías (2012) en su investigación sobre la composición química de la cáscara de maní indica que posee 6,9 % de proteína cruda, 4,3% de cenizas, 95,7 % de materia orgánica, 94,9 % de fibra total (FND) y 74,4 % de fibra neutro detergente (FND).

Datos publicados por Gurevich *et al.* (2015) indican que la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*) posee un 30,9 % de lignina, 54,6 % de celulosa y 14,5 % de hemicelulosa. El contenido de humedad es de 6,5 %, 5,5 % de ceniza y 19,2 % de carbono fijo.

Farías (2015) menciona que el análisis elemental realizado a la cáscara de maní se contiene: 47,73 % de Carbono, 6,47 % de Hidrógeno, 1,11 % de Nitrógeno. 38,95 % de Oxígeno.

Es importante resaltar que, si los valores entre cada autor descritos anteriormente varían, se debe a que, no existe una sola variedad de maní (*Arachis hypogaea L.*) cultivada alrededor del mundo y a otros factores influyentes como: el lugar donde fue cultivada, la

variedad, el estado de madurez o secado, el procedimiento para retirar la cáscara que se realizó, entre otros.

4.9. Residuos de cosecha agrícola

Cespedes *et al.* (2014); Porras & González (2016) describen como residuos de cosecha a los restos vegetales que proceden de la producción agrícola u otros destinos, siendo los restantes que se generan antes, durante y después en una producción. Estos corresponden a los productos que no se pueden comercializar directamente como materia prima, sino que necesitan de un tratamiento especial para ser aprovechados en su totalidad. Por su parte, Rosas (2016) los describe como subproductos que se genera durante cualquier proceso productivo sea agraria, ganadera o silvícola, y que, no son considerados de utilidad dentro de la cadena de producción final. Los residuos más empleados según recientes investigaciones son; las pastas proteicas, los lodos, el suero, el salvado, los mostos residuales, la vinaza, los residuos de material verde como las cáscaras, hojas, tallos, bagazos, entre otros (J. Velasco, 2016).

4.9.1. Antecedentes en el manejo de residuos de cosecha

El aumento de la población y la urbanización crearon un incremento a nivel industrial y agrícola, consiguiendo así también un aumento en la cantidad de desechos. Los mismos que se llevan produciendo desde hace 4 000 millones de años y donde no significaban un problema a resolver. Comienza a ser un problema cuando la sociedad moderna creció, las cantidades generadas de forma desmoderada y la poca asimilación natural causados por la falta de alternativas de disposición y las cortas áreas de depuración, lo que dificulta su manejo año tras año (Herrera-Uchalin *et al.*, 2023; Senay & Landrigan, 2018)

Factores como la sobrepoblación y el consumismo excesivo, han facilitado la acumulación y almacenamiento en grandes cantidades. Algunas de las soluciones más comunes han sido las quemas no controladas y la disposición a cielo abierto (Curcio *et al.*, 2015; Martínez *et al.*, 2010). Los afectos más visibles en la disposición incluyen, la emisión de gases de efecto invernadero como metano y dióxido, presencia de contaminantes en el suelo que afectan en sus propiedades químicas principalmente, contaminación de fuentes de agua y efectos sobre la flora y fauna local.

Una de las alternativas más actuales y que busca reducir el impacto que generan es la tecnología end of pipe, que consiste en realizar un manejo al finalizar el proceso productivo,

Existen dos opciones, una que es la incineración metodología costosa por las instalaciones propias para mantener los residuos secos; además, como su nombre bien lo indica genera cenizas con efecto negativo en el control de partículas. La otra opción, es a través de los rellenos sanitarios; donde los lixiviados y gases de metano son tratados a través de procesos de tratamiento o aprovechamiento con la finalidad de disminuir los efectos generados (Arroyave & Garces, 2012; Fuerte, 2011).

4.9.2. *Uso de los residuos orgánicos*

Si se refiere a los residuos orgánicos se hace referencia a los restos que se producen dentro de cualquier producción agropecuaria que tiene origen a partir de los seres vivos, animal o vegetal y son altamente buenos como una fuente de disposición natural de nutrientes. Por este motivo el aprovechamiento principal es a través de los abonos orgánicos, que son el resultado de un proceso posterior a la integración al suelo. Una vez que se consiga una biodegradación total se obtiene una alta disponibilidad de macro y micro nutrientes de forma asimilable. Algunas de las practicas más conocidas para su aprovechamiento son el compostaje y vermicompostaje (Álvarez-Palomino *et al.*, 2018).

4.9.3. *Importancia de los residuos en la economía circular*

Los residuos de cosecha aportan de manera importante a la economía circular siendo base en diferentes procesos de producción. En tal sentido su importancia se basa en que “los residuos de cosecha deben servir como materia prima para la creación de nuevos productos” obteniendo varios beneficios, como la disminución de la explotación de los recursos naturales, reducir la emisión de gases de efecto invernadero, mejorar y apoyar la economía local, aumentar la eficiencia de producción empleando menos y obteniendo más, generar mayor nivel de competitividad reduciendo la necesidad de importaciones, la creación de más empleos y la fomentación de nuevas innovaciones y la modernización de la industria (Romero, 2022).

Por su parte, Rosas (2016) resalta que uno de los empleos más comunes del uso de los residuos dentro de la economía circular y el más conocido es la elaboración de compost, que permite la reutilización de residuos orgánicos, mediante proceso aeróbicos, que los transforman en abonos ricos en nutrientes recuperando así mismo una agricultura orgánico, reduciendo el uso de productos sintéticos, asegurando la calidad de los alimentos y la salud humana.

4.10. Métodos de tratamiento de la materia orgánica

4.10.1. Compostaje

Storey *et al.* (2015) describen al compostaje como la actividad fácil y económica que permite aprovechar toda clase de residuo de origen biodegradable. Es la técnica que consiste en transformar productos y subproductos orgánicos en material orgánico rico en carbono. El resultado es el compost que se genera a través del proceso aeróbico donde actúan diversos microorganismos (bacterias y hongos) encargados de transformar su composición en otras formas químicas. El compost resultante se lo puede emplear como sustrato directo a la planta que ayude en su crecimiento, su principal beneficio se encuentra en ayudar a mejorar las características físicas del suelo, su fertilidad y la mayor productividad en los cultivos. Se podrá identificar que este es de buena calidad cuando es homogéneo, de color oscuro y con olor a tierra de bosque (Sánchez & Delgado, 2008). Por su parte sugieren que se realicen pilas de material, con dimensiones aproximadas de 3 m de ancho, 2,4 m de largo y 1,5 m de alto como se muestra en la Figura 5, aquí es necesario que se mantenga un constante volteo y movimientos que permitan la entrada del oxígeno y homogenizar el proceso de descomposición.

Figura 5.

Sistema de pilas de compostaje



Fuente: (Reciclaje verde, 2012)

El proceso de compostaje es una tecnología de bajo costo, que ayuda permite que los residuos sigan teniendo un ciclo de vida más prolongado y se integre a las cadenas de producción de alimentos, además permite mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y aumenta su productividad (Chaves *et al.* 2019). Entre los parámetros físicos a medir se

encuentra la temperatura, oxígeno, humedad y pH, tamaño de partícula, etc. Cada uno en dependencia de las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar, tiempo de compostaje (Bohórquez, 2019; Donn *et al.*, 2014).

4.10.1.1. Fases de compostaje

Este un factor relevante en el proceso de descomposición por las reacciones bioquímicas que realiza dentro de los organismos que actúan. Si la temperatura aumenta y no se controla, existe una aceleración en los procesos metabólicos y por lo tanto la velocidad en el proceso de descomposición de la materia orgánica se ve afectada, disminuyendo el proceso de compostaje, esto se debe principalmente a la desnaturalización de las proteínas y bloquean el metabolismo de vida de los microorganismos que actúan, retrasando el proceso de descomposición (Bohórquez, 2019).

Román *et al.* (2013) señalan que en el proceso de compostaje se presentan cuatro fases en relación con la temperatura: fase mesofílica con temperaturas menores a 45 °C, fase termófila con temperaturas mayores a 45 °C, la fase mesófila o de enfriamiento la temperatura descende a 40 - 45 °C y la fase de maduración se regresa a la temperatura ambiente.

4.10.1.2. Factores a monitorear durante el compostaje

Temperatura

En cuanto al rango de temperatura óptimo para la eliminación de microorganismos y patógenos, señala en su trabajo, que se debe encontrar entre 20 °C y 70 °C. Siendo 70 °C la temperatura límite máxima para esta eliminación (Bohórquez, 2019).

Tortarolo *et al.* (2008) mencionan que a temperaturas de 55 °C por un periodo de tres días los patógenos se eliminan, por debajo de los 20 °C el proceso se vuelve lento y tardío. En cuanto a los rangos óptimos este se encuentra entre 45 a 60 °C, el autor señala que la temperatura va a depender de los tipos de microorganismos. En la Tabla 3 se presentan los parámetros óptimos de temperatura para el proceso de compostaje.

Tabla 3.

Parámetros de temperatura óptima

Temperatura (°C)		Causas asociadas	Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35 °C)	Humedad insuficiente	La falta de humedad, los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y, por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material Insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada	Añadir más material a la pila de compostaje.
Altas temperaturas (T° ambiente >70 °C)	Déficit de nitrógeno o baja C/N	La relación C/N y, por lo tanto, los microorganismos no tienen el N ralentizan su actividad.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad. Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación.

Fuente: (Román *et al.*, 2013 p.4)**Oxigeno**

Para obtener un buen compostaje es importante mantener una buena aireación que ayude a mantener una respiración óptima de los microorganismos, permitiendo su respiración y la emisión de CO₂ principalmente en la parte interna de la pila mientras que el oxígeno disminuye en esta parte y es mayor en la parte exterior, además mantener una remoción continua del material ayuda que el material no se compacte o encharque, controlar y mantener

los rangos de temperatura óptimos, es importante considerar que la durante la fase de termofílica es donde más se necesita una entrada de oxígeno (Vilela *et al.*, 2022). A continuación, en la Tabla 4 se presenta de mejor manera los respectivos porcentajes óptimos de aireación.

Tabla 4.

Porcentaje de aireación óptimo

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
< 5 %	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación
		5 % - 15 % Rango ideal	
> 15 %	Exceso de aireación	Por el descenso de temperatura y evaporación del agua, el proceso de descomposición se detiene por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación.

Fuente: (Román *et al.*, 2013 p.5)

Humedad

Román *et al.* (2013) mencionan que la humedad durante el proceso de compostaje va relacionada estrechamente con la actividad microbiana, siendo la presencia de agua necesaria para su subsistencia, el transporte de nutrientes y elementos energéticos. El rango óptimo se encuentra entre el 55 % aunque este dependerá del tamaño de las partículas y el tipo de sistema para generar el compost. Si el porcentaje de humedad baja a rangos menores del 45 % la actividad microbiana se ve disminuida sin la oportunidad de terminar con las fases de descomposición y si la humedad es muy alta mayor al 60 % el material se satura y no permite la oxigenación. Por lo tanto, los rangos de humedad deben mantenerse entre el 45 % al 60 %, un método para su determinación es a través de la técnica del puño. En la Tabla 5 se explica todo lo mencionado anteriormente.

Tabla 5.

Parámetros de humedad óptimos

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
< 45 %	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos.	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadir material fresco.
45 % - 60 % Rango ideal			
> 60 %	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado.	Volteo de la mezcla

Fuente: (Román *et al.*, 2013 p.6)**pH**

Permite la supervivencia de los grupos de microorganismos que actúan durante el proceso de descomposición. Un mayor crecimiento se da en un rango entre 6 a 7,5, mientras que la pérdida se puede dar en valores entre 5,5 a 8, por lo tanto, el rango ideal deberá mantenerse entre 5,8 a 7,2 como se muestra en la Tabla 6. Estos valores no son constantes, van a ir cambiando durante todas las fases, al principio se vuelve ácido por la formación de los ácidos orgánicos, en la segunda es alcalino y para la última fase neutro (Sztern & Pravia, 1999).

Tabla 6.

Parámetros de pH óptimos

Porcentaje de aireación	Problema	Soluciones
< 4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los restos de cocina, frutas, tienden a acidificar el medio
	4,5 – 8,5 Rango ideal	
> 8,5	Exceso de nitrógeno	Exceso de nitrógeno en el material de origen, se produce y con mayor contenido en amoniaco alcalinizando el carbono.

Fuente: Román *et al.* (2013)

Tamaño de partícula

El tamaño de las partículas logra influir dentro del proceso de descomposición, obteniendo una relación clara, la misma que refiere, que a menor diámetro el proceso de descomposición es mucho más rápido, pero a mayor tamaño de diámetro lo vuelve un factor contradictorio. Río *et al.* (2014) en su libro proponen que el tamaño óptimo de las partículas sea entre 1 a 5 cm, proceso que se puede realizar a través del uso de máquinas picadoras o con herramientas manuales, como machetes o tijeras.

4.10.2. Vermicompost

Este método es muy poco empleado y reconocido, a pesar de ser un proceso ecotecnológico de bajo costo de inversión que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos a través del uso de microorganismos y lombrices colocadas en un sistema de camas (Figura 6) como medio de producción (Villegas-Cornelio *et al.*, 2017), esta técnica ayuda y agiliza la transformación de materiales orgánicos a abonos u humos orgánico en menos tiempo (Sánchez & Delgado, 2008).

Es por ello, que para, Maisarah & Syafawati (2022) el reciclaje a través de esta técnica permite el reciclaje y reutilización de los desechos orgánicos para producir vermicompost, un

producto que potencie y apoye a la agricultura, así como también al medio ambiente con un alcance sostenible a futuro.

Figura 6.

Sistema de camas para vermicompostaje



Fuente: (Tecnología limpia, 2018)

4.11. Los residuos de cosecha en aporte al mejoramiento del suelo

4.11.1. La materia orgánica para mejorar la estructura del suelo

La materia orgánica es uno de los más importantes componentes del suelo nos permite determinar la calidad del suelo (Bautista & Hernández, 2021), esto se encuentra relacionado con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que ayudan al mejoramiento de la estructura del suelo y la cantidad de nutrientes disponibles para el desarrollo de las plantas (Cargua, *et al.*, 2015); permite mejorar la infiltración del agua, aumenta la capacidad retención de humedad (Ordóñez, *et al.*, 2013) e interactúa con la presencia de grupos de microorganismos que ayuden a transformar los elementos a materia orgánica a través de la descomposición (Pardo, *et al.*, 2019).

Para, Román *et al.* (2013) algunos otros beneficios que aporta al suelo:

Mejora las propiedades físicas:

- Facilidad para realizar labores de arado y siembra con suelos más sueltos y ligeros.
- Disminuye el riesgo de erosión.

- Permite controlar y regular la temperatura del suelo.
- Reduce la pérdida del agua a través de la evaporación.
- Ayuda a eliminar los problemas de compactación volviendo los suelos más sueltos.

Mejora las propiedades químicas:

- Aporta una cantidad considerable de macronutrientes y micronutrientes.

Mejora la actividad biológica:

- Ayuda a la generación de grupo de microorganismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los elementos del suelo ricos en carbono a nutrientes para las plantas a través de la descomposición

5. Metodología

5.1. Ubicación de la investigación

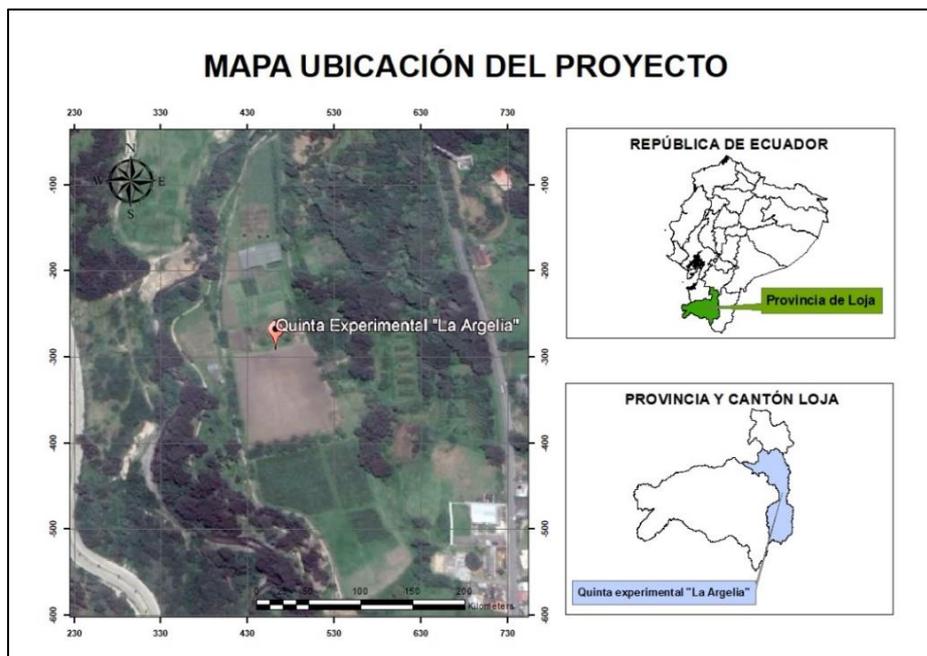
La investigación se realizó en la Quinta Experimental La Argelia de la Facultad Agropecuaria y de los Recursos Naturales Renovables (FARNR) de la Universidad Nacional de Loja, ubicada a 5 km del centro de la ciudad hacia el Sur (Figura 7). El lugar de estudio se estableció entre las coordenadas geográficas: latitud Sur $4^{\circ} 1' 59.03''$ y longitud Oeste $79^{\circ} 11' 57.97''$, a una altitud de 2 140 m s. n. m.

Según el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Loja (2020), las condiciones meteorológicas que presenta el sitio a realizar la investigación son:

- Precipitación media anual 956,4 milímetros.
- Temperatura media anual 15°C .
- Humedad relativa 78 %.

Figura 7.

Ubicación de la Quinta Experimental "La Argelia"



Elaborado: Por el autor

5.2. Metodología

El estudio se basó en un diseño de investigación experimental que se aplicó de manera transversal, que permitió la evaluación del prototipo de máquina, donde se determinó los

parámetros característicos de rendimiento que la máquina puede realizar, considerando la cantidad de material que tritura en un tiempo de trabajo determinado, así como su consumo energético, factores a medir por cada prueba ensayada, y al final, se realizó una evaluación de costos para ver la parte económica de la investigación. A su vez, permitió la caracterización del material resultante para mejora de las características físicas del suelo, considerando el diámetro de las partículas, la cantidad de material aplicado por cada ensayo y pruebas de laboratorio. El enfoque de la investigación de tipo cuantitativo permitió analizar si existe o no relación entre los datos obtenidos.

La población en estudio considerada fue el material cáscara de maní, de la cual se tomó como muestra un valor representativo de 1 000 kg para el desarrollo y cumplimiento del objetivo uno. Posteriormente, fue clasificada por sus diferentes diámetros obtenidos durante el proceso de trituración, tomando diferentes cantidades que fueron utilizadas para el objetivo dos.

Para el procesamiento de los datos se empleó el registro a través de hojas de cálculo Excel, gráficos y software con enfoque estadístico, para el cual se utilizó el análisis estadístico ANOVA, además de la utilización de instrumentos de medición.

5.3. Materiales, equipos y reactivos

Para dar cumplimiento a la investigación se utilizaron; *materiales de oficina*: computadora, libreta de campo, fotografías, software estadístico, hojas Excel; *materiales de campo*: sacos, cámara digital, flexómetro, cinta métrica, tamices No. 4 mm – 8 mm - 10 mm, fundas vivero capacidad 1 m³, cajas de madera para compostera, con materia de vidrio y madera, plántulas de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *Promodoro príncipe borghese*), cronómetro; *materiales de laboratorio*: muestras de suelo disturbadas y no disturbadas, Matraz de Erlenmeyer de 500 ml, buretas de precisión de 25 ml, pipetas de diferentes volúmenes, probeta de 100 ml, vasos plásticos de 250 ml, pipetas de 5 o 10 ml, vaquetas, probetas Bouyoucos, tela porosa; *equipos de campo*: barreno, cilindros Kopecky, balanza de precisión, termómetro de mercurio; *equipos de laboratorio*: agitador mecánico para suelos con sus accesorios, balanza analítica de precisión. 0,01 g - 0,00001 g, hidrómetro (ASTM), balanza analítica, 1/10 mg, termómetro Centígrado 250 °C, balanza de precisión, tiras medidoras de pH, balanza analítica, estufa; y, *reactivos*: agua destilada, alcohol amílico,

agentes dispersantes: Hidróxido de sodio 1 N, Na (OH) + Oxalato de sodio saturado ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) ácido sulfúrico, ácido orto fosfórico concentrado, solución de dicromato de potasio 1 N.

5.4. Metodología primer objetivo

Medir la capacidad de procesamiento y el rendimiento de la máquina picadora en el triturado de la cáscara de maní.

5.4.1. Adquisición del material vegetal

Para la adquisición de la materia prima necesaria, que fue aproximadamente 1 000 kg según lo estimado para realizar toda la investigación, se lo hizo de procesadoras de maní del cantón Paltas, provincia de Loja, que posteriormente se lo trasladó a la Quinta Experimental la Argelia en la ciudad de Loja, lugar donde se llevó a cabo su triturado y evaluación de ensayos.

5.4.2. Proceso de picado del material vegetal

Con ayuda de una balanza de precisión se fraccionó la muestra global de cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*) en cuatro ensayos, con pesos de 300 kg, 250 kg y 200 kg para procesado y el resto como material testigo, a su vez, estos volúmenes se volvieron a fraccionar en 10 ensayo con pesos de 30 kg, 25 kg y 20 kg repitiendo el mismo mecanismo para el peso de 250 kg y 200 kg (Tabla 7).

Continuo a ello, se dio encendido a la máquina esperando un tiempo de calentamiento de tres minutos, como lo explica el manual de la máquina. Una vez transcurrido este tiempo y siguiendo el orden de los ensayos, desde la tolva de entrada se fue alimentando a la máquina de a poco con la cáscara de maní. Finalmente, desde el área adaptada para la recepción del material triturado, se hizo su recolección y almacenaje en sacos.

Tabla 7.

Descripción de ensayos para proceso de picado del material vegetal

Ensayo	Peso (kg)	N° repeticiones por ensayo	Peso (kg)
E1	300	10	30
E2	250	10	25
E3	200	10	20
E4 (Testigo)	250	0	0

Elaborado: Por el autor

5.4.3. Proceso de tamizado para determinar homogeneidad

Para el proceso de tamizado se realizó la elaboración de mallas de 4 mm, 8 mm y 10 mm. Seguidamente, se tomó al azar diez de los sacos almacenados con el material picado, aquí se dio un meneo completo por cada saco, volviendo más homogénea la toma de la muestra con el fin de conseguir que las partículas más pequeñas no queden en el fondo y las partículas más grandes en la superficie. Con ayuda de la balanza de precisión, se pesó 5 kg de material picado por saco, obteniendo un total de 10 muestras en general. Luego, se procedió a zarandear, primeramente, con el tamiz de diámetro de 4 mm y después con los tamices de diámetros de 8 mm y 10 mm. Finalmente se pesó la cantidad de material que paso por cada tamiz registrando este dato en la libreta de campo, una vez pasado el material por todos los tamices, se realiza el pesó del material que no pasó por ninguno comprobando que el peso final sean los 5 kg que se usó en la muestra.

5.4.4. Determinación de gasto de combustible

Siguiendo las sugerencias dadas por Alvarado (2023), se midió con una varilla la altura del combustible desde la base del tanque hasta la altura máxima del combustible, considerando que el tanque inicio con una capacidad de 6,5 litros. Al culminar con cada ensayo se realizó el mismo proceso, registrando el descenso del combustible en el tanque del motor, definiendo el gasto en (mm) y se calculó el volumen consumido de combustible.

5.4.5. Determinación del tiempo de picado

Una vez pesado el material vegetal en kg, se colocó frente a la tolva de entrada con el material en mano, y a su vez, con la colaboración de otra persona, se tomó y se alistó el cronómetro en mano. Puestos en cada posición, se dio aviso al arranque del ensayo iniciando de forma sincrónica con la puesta en marcha del cronómetro y el ingreso del material. Una vez se observó que el material paso en su totalidad por el rotor, se dio aviso y se paralizó el cronómetro observando el tiempo que demoró y registrando el valor en la libreta de campo.

5.4.6. Evaluación de costos de alquiler de la máquina

Para la evaluación y determinación de los costos de alquiler de la máquina se desarrolló una metodología propuesta por Velasco & González (2007) y Calvo (2016), para la determinación de costos de consumo y usos de la maquinaria agrícola, la misma que fue adaptada a las condiciones locales de la máquina en estudio. Además, se recopiló información sobre la máquina picadora de la tesis y manual de manejo desarrollada por Alvarado (2023).

Siendo así, se calculó la tarifa del costo de alquiler aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de alquiler} = \text{Costo total (\$/qq)} + \text{Costos adicionales (\$)}$$

Para determinar cada uno de estos costos, se aplicó el siguiente procedimiento. Primeramente, donde se estimó el costo total de producción por quintal, que es igual a:

$$\text{Costo total (\$/qq)} = \text{Costo del tanque lleno de combustible} + \text{Tarifa de un jornal}$$

Para el cálculo de los costos adicionales se siguió la fórmula de Calvo (2016), que propone un método simplificado con tres tipos de costos adicionales:

a) Costo de amortización

$$A = ((V_c - V_r) / T) / H$$

Donde:

A = Costo de Amortización (\$).

V_c = Valor de compra inicial (\$).

V_r = Valor de venta que se prevé que tendrá cuando se cambie la máquina (\$).

T = Años de vida, son los años que estimas darle uso al tractor o máquina (años).

H = Horas de trabajo al año (horas/año).

b) Costos de consumo

Este parámetro se obtuvo a partir de los datos del consumo de combustible de la máquina en (l/h), por el precio de la gasolina.

c) Costo de reparación y mantenimiento

Aquí se supuso un porcentaje de los costos de reparación que puede generar la máquina picadora. Con un valor de referencia del 36 %, recomendado por Frank, 1998.

$$\text{Costo reparación} = \text{Costo combustible} \times 0,36$$

5.5. Metodología segundo objetivo

Caracterizar el material resultante del triturado en distintas granulometrías, determinando el tamaño adecuado para facilitar su descomposición y mejora de las condiciones del suelo.

Para el desarrollo de este objetivo se adaptó un espacio dentro de las quintas experimentales de la Universidad Nacional de Loja, donde se mantuvieron pruebas durante un periodo de dos meses que correspondieron de noviembre a diciembre del año 2023.

5.5.1. Proceso de descomposición

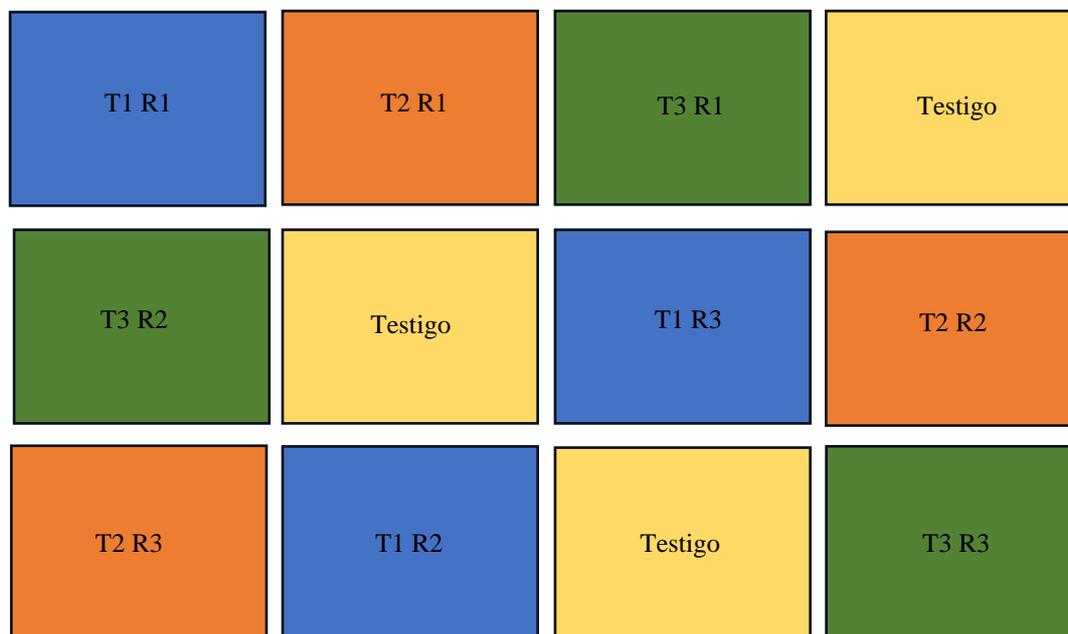
Diseño experimental

Para el desarrollo de este objetivo se empleó un diseño de Bloques Completamente al Azar que consistió en cuatro tipos de tratamientos y tres repeticiones por cada uno. Las características de este diseño es la forma aleatoria con la que se asignó los tratamientos y repeticiones, con la característica de que fueron realizados todos con el material triturado en el objetivo anterior, con la variabilidad en los diámetros de las partículas de la cáscara de maní.

Las composteras para el ensayo fueron colocadas completamente al azar para evitar factores alienados que puedan incidir en la toma de datos, tales como sombra, efectos bordes, humedad, etc., la ubicación definitiva se muestra en la Figura 8. El bloque estuvo conformado por tres filas y cuatro columnas con un total de 12 composteras, las que tuvieron una separación de 3 cm entre cada una. Cubriendo un espacio total de 1,50 m².

Figura 8.

Ubicación de las composteras para el proceso de compostaje



Elaborado: Por el autor

Preparación de los tratamientos y repeticiones

Con ayuda de la balanza de precisión se pesó 9 kg del material vegetal de 4 mm de diámetro, el mismo que se volvió a fraccionar en tres volúmenes de 2 kg para realizar así tres repeticiones por cada diámetro. Esta misma acción se realizó tanto para el material de 8 mm, 10 mm y sin triturar. Una vez hecho esto, se procedió a colocar en cada una de las cajoneras correspondientes, siguiendo el diseño experimental descrito anteriormente en la Figura 8.

Parámetros analizados durante el proceso de compostaje

Por un período de ocho semanas se evaluó los siguientes factores: temperatura, pH, humedad y peso.

Temperatura: Para la medición, se llenó una botella de plástico pequeña con un poco de agua, asegurándose de tajarla bien. Una vez hecho esto, se realizó un orificio en el centro de la pila donde se introdujo la botella y se cubrió con el mismo material que se retiró. Se dejó pasar un tiempo aproximado de cinco minutos para que el agua tome la temperatura de la pila, una vez pasado este tiempo, se introdujo el termómetro cerrando la botella esperando cinco minutos para dar la lectura. Finalmente se registró en la libreta de campo. Este mismo proceso se realizó en todos los ensayos.

pH: En un poco de agua destilada se disolvió una pequeña cantidad de muestra vegetal, removiendo muy bien por 5 minutos. Una vez pasado ese tiempo se sumergió una cinta medidora de pH en el líquido durante dos segundos se la retiró y se esperó 10 segundos más, se observó la coloración y se comparó con los colores que aparecen en la base de la caja.

Humedad: Con la técnica del puño descrita por Salinas *et al.*, 2018 en su manual, se tomó con la mano una pequeña cantidad del material en descomposición tanto de la parte superficial y centro de la pila cerrando el puño y posteriormente apretándolo con fuerza normal, se observó que si caen más de 10 gotas de agua hay un exceso, o al contrario que sí al formarse una línea el contenido de humedad es el correcto. Esta misma actividad se realizó con todos los ensayos.

Peso: Con ayuda de la balanza de precisión se pesó y anotó en la libreta de campo el valor inicial del total de la muestra vegetal por cada ensayo, al final del tiempo de evaluación se volvió pesar cada ensayo, registrando este valor.

5.5.2. Mejora de las condiciones físicas del suelo

Diseño experimental

Para evaluar los tratamientos se realizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con tres bloques, tres tratamientos, tres repeticiones y un testigo por cada uno, con un total de 30 unidades experimentales.

Según, Pindo (2013) el modelo matemático viene dado por la ecuación:

$$Y_{ij} = U + B_j + T_i + E_i$$

Nomenclatura:

tb: Número de unidades experimentales

Y_{ij}: Representa las variables estudiadas, altura, número de frutos, rendimiento, etc.

U: Promedio general del ensayo.

T_i: Efecto de tratamientos

En la Figura 9, se muestra la distribución de las unidades experimentales, que se estableció de forma aleatoria, considerando que pueda existir alguna variación en la evaluación de los ensayos por algún tipo de condición en el ambiente o en la ubicación de los ensayos.

Figura 9.

Distribución de las unidades experimentales por bloque, para el proceso del mejoramiento de las condiciones físicas del suelo

BLOQUE 1			BLOQUE 2			BLOQUE 3		
T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
R3	R1	R2	R1	R3	R2	R1	R2	R3
R2	R3	R1	R3	R2	R1	R3	R1	R2
R1	R2	R3	R2	R1	R3	R2	R3	R1
Testigo			Testigo			Testigo		

Elaborado: Por el autor

Preparación de los ensayos

Para la preparación de los ensayos se tomó una muestra global de 60 kg de suelo procedente de la Quinta Experimental la Argelia, la misma que se fraccionó en 54 kg para ensayos combinados y 6 kg para testigos (solo suelo). De igual manera se tomó 2 700 kg del material de 4 mm, 8 mm y 10 mm de diámetro.

Primeramente, se pesaron 300 g de la muestra vegetal global de 4 mm. Luego, se combinó con 1 700 g de suelo y se removió completamente para obtener una mezcla homogénea. Después de esto, se volvió a fraccionar la muestra en tres pesos de 2 000 g cada uno, obteniendo tres repeticiones. Este mismo proceso se realizó para los diámetros de 8 mm y 10 mm. Conformando así el primer bloque de 95 % suelo, 5 % cáscara de maní. Para el segundo bloque con el 85 % suelo y 15 % material vegetal y para el tercero 75 % suelo, 25 % cáscara de maní, todos con los diámetros de 4 mm, 8 mm y 10 mm. Continuo a ello, se colocó cada ensayo dentro de las fundas para vivero, previamente etiquetadas. Cada bloque estuvo conformado por un total de nueve ensayos combinados y un testigo que solo contenía suelo. Véase la Tabla 8.

Tabla 8.

Combinación de los tratamientos utilizados durante los ensayos

Bloque	Tratamiento	Combinación	Repeticiones
Bloque uno (100g)	T0	100 % suelo + 0 % material vegetal	R1
	T1	95 % suelo + 5 % material vegetal de 4 mm	R1 – R2 – R3
	T2	95 % suelo + 5 % material vegetal de 8 mm	R1 – R2 – R3
	T3	95 % suelo + 5 % material vegetal de 10 mm	R1 – R2 – R3
Bloque dos (300g)	T0	100 % suelo + 0 % material vegetal	R1
	T1	85 % suelo + 15 % material vegetal de 4 mm	R1 – R2 – R3
	T2	85 % suelo + 15 % material vegetal de 8 mm	R1 – R2 – R3
	T3	85 % suelo + 15 % material vegetal de 10 mm	R1 – R2 – R3
Bloque tres (500g)	T0	100 % suelo + 0 % material vegetal	R1
	T1	75 % suelo + 25 % material vegetal de 4 mm	R1 – R2 – R3
	T2	75 % suelo + 25 % material vegetal de 8 mm	R1 – R2 – R3
	T3	75 % suelo + 25 % material vegetal de 10 mm	R1 – R2 – R3

Elaborado: Por el autor

Para el reconocimiento de los ensayos, se realizó la colocación de etiquetas con la siguiente información, correspondiente a cada bloque, ensayo y tratamiento, tal y como se muestra en la Figura 10:

Figura 10.

Ejemplo de etiquetas empleadas para la distribución de los ensayos.

Bloque 1 (100 g) Tratamiento 1 (4mm) Repetición 1 Aplicación de cáscara de maní	Bloque 1 (100 g) Tratamiento 2 (8mm) Repetición 1 Aplicación de cáscara de maní	Bloque 1 (100 g) Tratamiento 3 (10mm) Repetición 1 Aplicación de cáscara de maní
--	--	---

Elaborado: Por el autor

Variables para mejoramiento de condiciones físicas suelo

Para evaluar el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo se realizaron pruebas en el laboratorio de suelos de la UNL, siguiendo los protocolos y métodos establecidos para la determinación de pH, porosidad, densidad aparente, textura y el contenido de materia orgánica. Para llevar a cabo estas pruebas se tomaron muestras de suelo al inicio y al final de los ensayos.

Para realizar el control de desarrollo se trasplantó una plántula de tomate por cada uno de los ensayos. Tomando la altura inicial, a los treinta y sesenta días, registrándolo en la libreta de campo.

6. Resultados

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación mantienen una estrecha relación entre el primero y segundo objetivo, indicando que el desarrollo de una actividad participa en los resultados de la otra.

6.1. Resultados para el primer objetivo: Medir la capacidad de procesamiento y el rendimiento de la máquina picadora en el triturado de la cáscara de maní.

6.1.1. Capacidad de procesamiento y rendimiento de la máquina

En la tabla 9 se muestra el rendimiento de la máquina picadora sobre el procesamiento de la cáscara de maní, realizado en diferentes ensayos. Donde se logró evidenciar una relación entre el tiempo y la cantidad, la misma que demostró que a mayor cantidad de material vegetal, mayor fue el tiempo de trabajo y así sucesivamente. Observando que para la cáscara de maní el rendimiento de la máquina en promedio es de 0,33 toneladas por hora, resultado que pudo darse, ya sea por el tamaño y la ligereza del material en estado seco.

Tabla 9.

Rendimiento promedio del prototipo de la máquina picadora en t.h⁻¹ sobre el procesamiento de la cáscara de maní

Rendimiento de la máquina sobre el procesamiento de la cáscara de maní				
Ensayo	Total, picado (kg/h)	Tiempo de corte (h)	kg/h	t.h⁻¹
Ensayo 1	300	1h01'	291,02	0,29
Ensayo 2	250	0h46'	319,96	0,32
Ensayo 3	200	0h30'	391,13	0,39
Promedio	250	0h46'	334,04	0,33

Nota: *horas que tarda el picado (h), * tonelada picada en una hora (t.h-1)

Fuente: Pruebas de rendimiento de la máquina en campo

Elaborado: Por el autor

6.1.2. Gasto de combustible

En la Tabla 10 se muestra el gasto de combustible que tuvo la máquina picadora durante la ejecución del trabajo, en donde, para los 300 kg se tuvo un gasto de 1,58 l/h, mientras que, para el ensayo tres de 200 kg el consumo correspondió a 1,17 l/h, logrando demostrar que a

mayor la cantidad de material triturado, mayor es el gasto de combustible. Resultando que al triturar 250 kg promedio de cáscara de maní, se tuvo un consumo de 1,38 l/h.

Tabla 10.

Gasto de combustible por cada ensayo en el proceso de triturado

Ensayo	Total, picado (kg/h)	Gasto combustible (l/h)
Ensayo 1	300	1,58
Ensayo 2	250	1,39
Ensayo 3	200	1,17
Promedio	250	1,38

Fuente: Pruebas de gasto de combustible de la máquina en campo

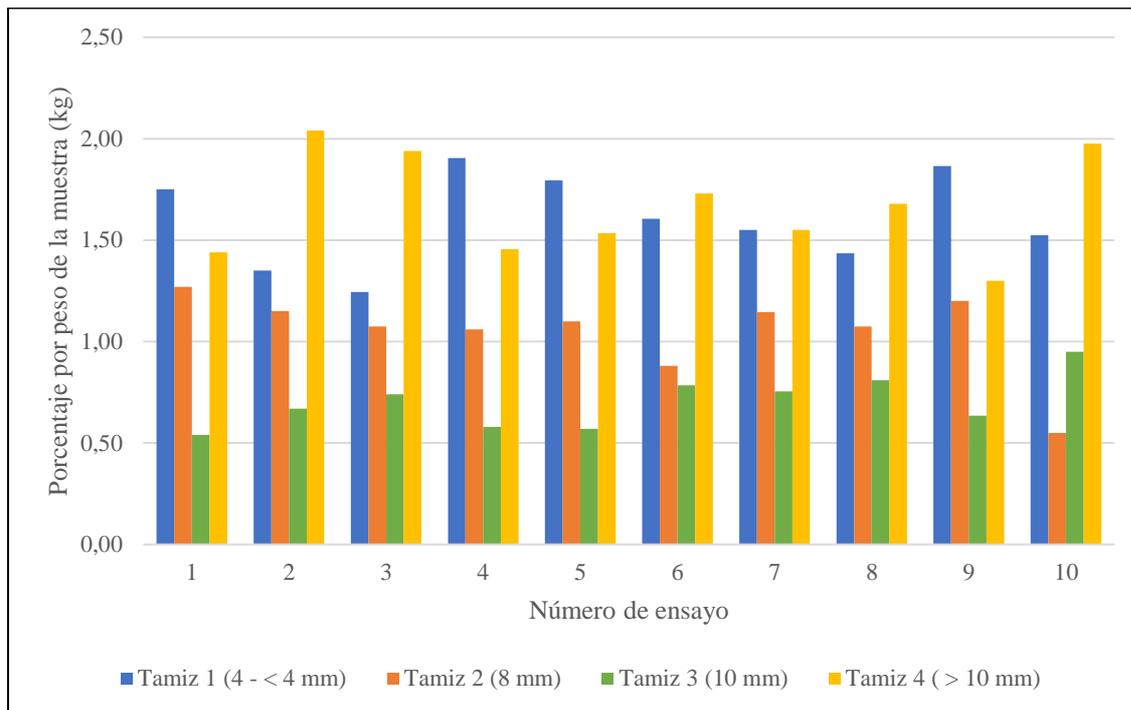
Elaborado: Por el autor

6.1.3. Homogeneidad del picado durante el triturado

Para poder determinar la homogeneidad del material picado, se presenta la Figura 11, donde se puede ver que, en los ensayos individuales los que mayor triturado obtuvieron para el tamiz # 1 de 4 - <4 mm, fueron los ensayos 1, 4, 5 y 9, mientras que, los ensayos que menos material triturado tuvieron o salió la corteza casi entera corresponden al 2, 3 y 10 con diámetros mayores a 10 mm. Mientras que para los tamices # 2 de 8 mm y tamiz # 3 de 10 mm en todos los casos tuvieron valores medios de procesamiento. Lo que se puede deducir que para este prototipo de máquina picadora bien tritura el material muy pequeño o ciertas se pasan enteras.

Figura 11.

Homogeneidad del tamizado



Fuente: Pruebas de tamizado en campo

Elaborado: Por el autor

La Figura 12 corrobora la observación de las submuestras de la cáscara de maní triturada en los diámetros propuestos de 4 mm, 8 mm, 10 mm y mayores a 10 mm correspondiente a una muestra tamizada.

Figura 12.

Volumen de material vegetal obtenido en cada tamiz, resultante del tamizado de una muestra



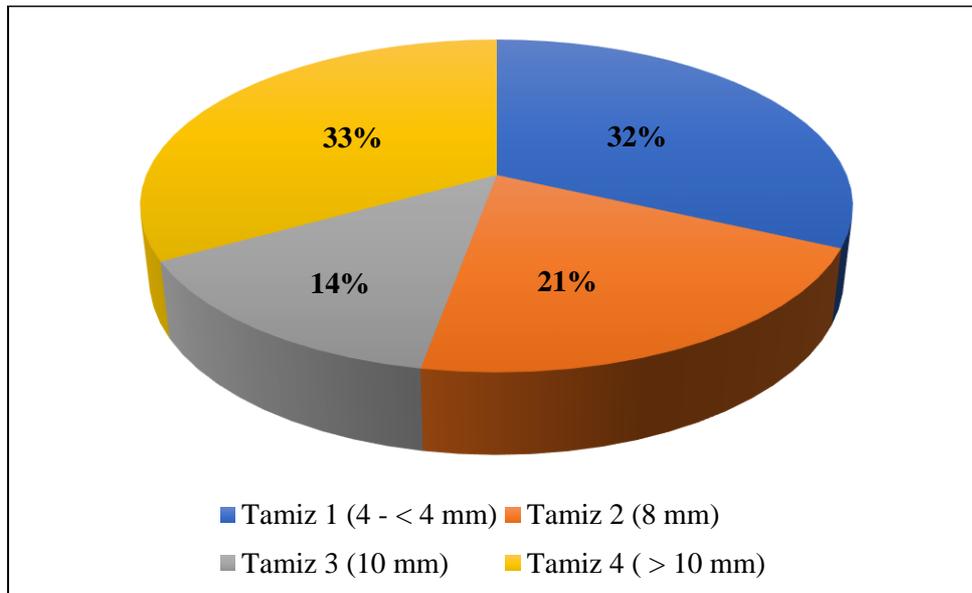
Fuente: Pruebas de tamizado en campo

Elaborado: Por el autor

A continuación, en la Figura 13 se muestra el promedio obtenido por cada tamiz en un ensayo al azar. Donde se tiene mayor homogeneidad para el tamiz uno y cuatro representando aproximadamente el 32% y 33 %. Seguidos por el tamiz dos con 21 % y, por último, para el tamiz tres en un porcentaje del 14%. Por lo que se puede considerar que todos los tamaños de las partículas obtenidas a partir del prototipo picador serían adecuados a utilizar para el compostaje y mejoramiento del suelo. Cabe señalar que se tuvo cuidado durante el proceso de tamizado evitar realizar en la presencia de vientos y se consideró la altura que no sea elevada de la zona de recepción del material, con el fin de no tener pérdidas con las partículas más finas, afectando así a la obtención de los resultados.

Figura 13.

Porcentaje total de material procesado de todas las muestras vegetales



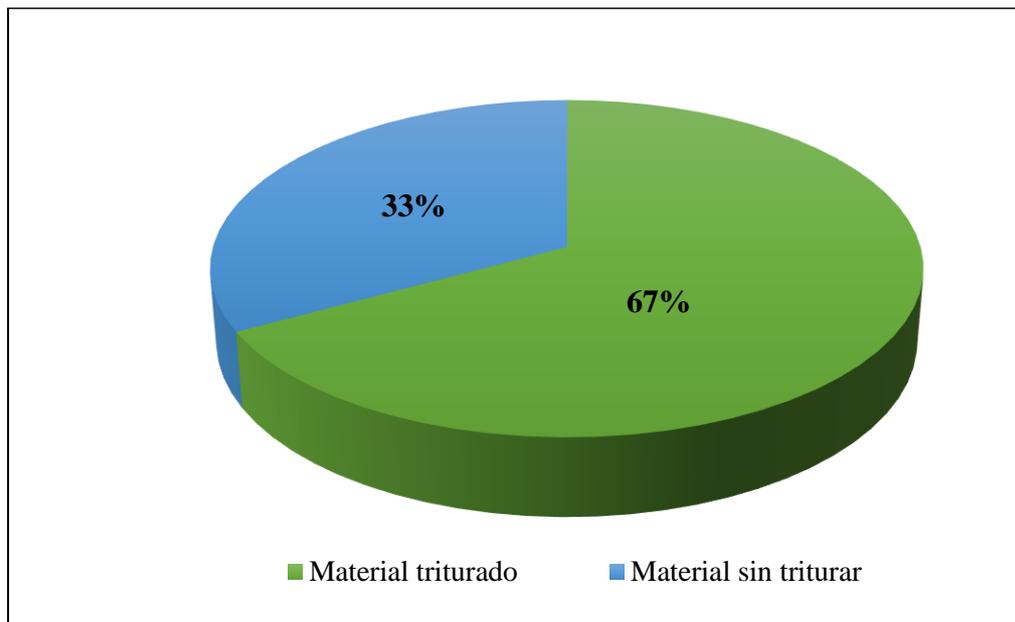
Fuente: Pruebas de tamizado en campo

Elaborado: Por el autor

En general, el prototipo picador no es completamente eficiente durante el proceso de picado para lograr la reducción de las partículas de la cáscara de maní en su mayoría. Esto se debe a que el material procesado solo representa el 67 % del total, mientras que el 33 % es expulsado por la máquina entero. Véase la Figura 14.

Figura 14.

Porcentajes (%) del material triturado y material sin triturar



Fuente: Pruebas de tamizado en campo

Elaborado: Por el autor

En la Tabla 11 se presenta el análisis de varianza, donde se puede observar que el promedio del tamiz uno y cuatro no presentan mayor significancia, por lo que, se representan con la letra a. Sin embargo, para el tamiz dos donde su promedio es de 1,05 con una significancia de 0,61, con respecto a los tamices anteriores, se representa con la letra b. Por último, para el tamiz tres con el promedio más bajo de 0,70, presenta una significancia de 0,90 de los otros diámetros y se representa con la letra c. Estos promedios pueden servir como referencia para determinar si el corte se mantendrá uniforme o existirá cambios en próximos procesos de picado con el mismo material.

Tabla 11.

Resumen del análisis de varianza para la cantidad de material tamizado por cada muestra

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Tamiz 1 (4 - < 4 mm)	10	16,03	1,60 a	0,05
Tamiz 2 (8 mm)	10	10,51	1,05 b	0,04
Tamiz 3 (10 mm)	10	7,04	0,70 c	0,02
Tamiz 4 (> 10 mm)	10	16,64	1,66 a	0,06

Nota: Valores totales, basados en análisis de varianza de un factor (análisis Anova), valores con la misma letra no presenta significancia.

Fuente: Pruebas de tamizado en campo - análisis en InfoStat

Elaborado: Por el autor

Para dar mayor claridad al argumento inicial, en la Tabla 12 se observa el análisis de varianza de forma más detallada, donde el valor F de 2,68 es mayor al valor crítico F de 49,2, por lo que, se puede rechazar la hipótesis nula por el valor de probabilidad de 7,9047E-13, lo que indica que existe una diferencia significativa en cuanto al rendimiento de la máquina y en las partículas obtenidas en el triturado entre los distintos diámetros de corte. Si se rechaza la hipótesis nula, se puede concluir que con esta máquina trituradora se tiene una diferencia significativa entre los diámetros de corte.

Tabla 12.

Análisis de varianza de las muestras tamizadas del material vegetal

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	*F	Probabilidad	*Valor crítico para F
Entre grupos	6,34	3	2,11	49,2	7,9047E-13	2,86
Dentro de los grupos	1,54	36	0,04			
Total	7,88	39				

Nota: *F y *Valor crítico para F

Fuente: Pruebas de tamizado en campo - análisis en InfoStat

Elaborado: Por el autor

6.1.4. Evaluación de costos de alquiler de la máquina

El Tabla 13 se observa los costos de alquiler por cada quintal de cáscara de maní, que es de \$ 2,37 por hora de trabajo y de \$ 18,98 por un día de trabajo, considerando 8 horas laborables. Mientras que la tarifa por tonelada es de \$ 11,98 por hora y de \$ 95,84 por un día de trabajo, los costos adicionales se detallan en el Anexo 11, que sirvieron para la evaluación y estimación del costo de alquiler de la máquina. Para el caso de la máquina picadora si fuera arrendada o de alquilada.

Tabla 13.

Costo de alquiler de la máquina picadora por quintal y tonelada de la máquina picadora, en el triturado de la cáscara de maní

Tarifa de Alquiler de la máquina por quintal (qq)						
Tipo de material	\$/qq	qq (a picar)	Costo adicional	Costo Total (\$/ton*ton a picar)	Costo de alquiler por hora (C. Adicional + C. total)	Costo por una jornada de trabajo (C. alquiler por hora*8)
Cáscara de maní	0,51	1	1,87	0,51	2,38	18,98

Tarifa de Alquiler de la máquina por tonelada (ton)						
Tipo de material	\$/ton	ton (a picar)	Costo adicional	Costo Total (\$/ton*ton a picar)	Costo de alquiler por hora (C. Adicional + C. total)	Costo por una jornada de trabajo (C. alquiler por hora*8)
Cáscara de maní	10,17	1	1,87	10,17	11,98	95,84

Nota: * qq, quintales * ton, toneladas, *\$, dólares

Fuente: Pruebas de rendimiento, consumo de combustible y tiempo de trabajo con pruebas en campo.

Elaborado: Por el autor

6.2. Resultados para el segundo objetivo: Caracterizar el material resultante del triturado en distintas granulometrías, determinando el tamaño adecuado para facilitar su descomposición y mejora de las condiciones del suelo.

6.2.1. Parámetros analizados durante el proceso de compostaje

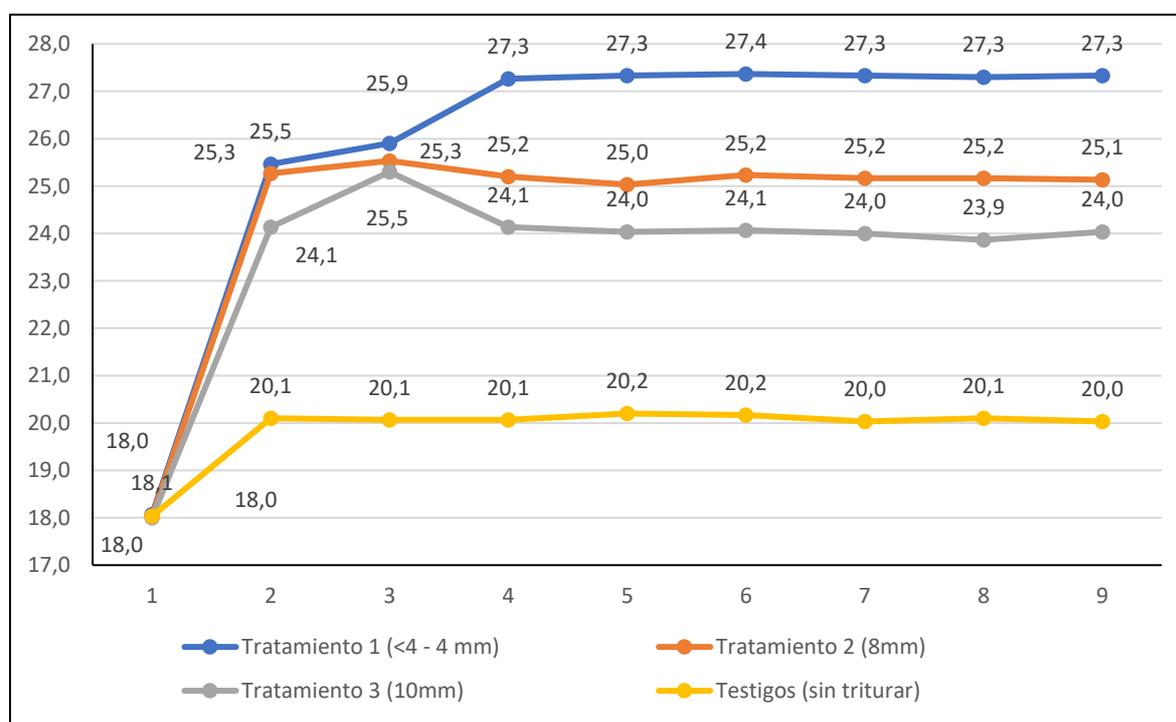
Todos los ensayos y pruebas del proceso de descomposición en la cáscara de maní se desarrollaron en un lapso de dos meses entre octubre a diciembre del 2023. Considerando los parámetros de temperatura °C, pH, pesos inicial y final.

Temperatura

En la Figura 15 y Anexo 12, se observan que el inicio de las pruebas, las composteras empezaron con temperaturas entre 18,0 °C y 18,1 °C. Y en donde, a partir de la primera semana se presentaron ascensos en todos los tratamientos, donde para el tratamiento uno aumento a 25,5 °C, para el segundo tratamiento a 25,3 °C, en el tratamiento tres a 24,1 °C y de 20,1 °C para el testigo. Para las semanas tres, las temperaturas comienzan a ascender aún más, hasta los 27,3 °C para el tratamiento uno, mientras que para el resto de los tratamientos se observó un descenso en las temperaturas, llegando hasta los 25,2 °C para el tratamiento dos, 24,1 °C en el tratamiento tres, manteniéndose en 20,1 °C para el testigo. Finalmente, se observó que a partir de esta semana se da una estabilización en estos rangos de temperatura en todos los tratamientos. Siendo en este caso el tratamiento uno con las partículas menores o iguales a 4 mm, el que mayor incremento de temperaturas alcanzó.

Figura 15.

Comparación de las temperaturas promedio en cada tratamiento en función del tiempo



Fuente: Tomas de temperatura realizadas en campo

Elaborado: Por el autor

pH

En la Tabla 15 se observa la evolución del pH en todos los tratamientos, donde al inicio de todos los ensayos se tuvo un pH de 6, que se incrementó a partir de los 30 días de su evaluación, en el caso de los tratamientos con las partículas reducidas, permaneciendo estables en un nivel de 7 hasta el final de las pruebas. En el caso del material testigo el pH incremento ligeramente a 6,5 manteniéndose estable hasta los sesenta días.

Tabla 14.

pH promedio de las composteras al inicio, a los treinta y sesenta días de su evaluación

Tratamiento	Inicial	30 días	60 días
T1 (4 - <4mm)	6	7	7
T2 (8mm)	6	7	7
T3 (10 mm)	6	7	7
Testigo	6	6,5	6,5

Fuente: Tomas de pH realizadas en campo

Elaborado: Por el autor

Pesos

En la Tabla 16 se observa que el peso inicial en todos los tratamientos fue de 2 kg de material vegetal, para cada uno de los diámetros de las partículas. Donde al final de las pruebas, los pesos disminuyeron significativamente. Para el tratamiento uno fue de 1,34 kg, el tratamiento dos con 1,90 kg, el tratamiento tres con 1,98 kg y en el caso del testigo, fue igual que el inicial. Obteniendo en el tratamiento con partículas de 4 mm la mayor cantidad de pérdida de peso del material inicial.

Tabla 15.

Pesos del material vegetal al inicio y final de cada tratamiento

Tratamiento	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)
T1 (4 - <4mm)	2,00	1,34
T2 (8mm)	2,00	1,90
T3 (10 mm)	2,00	1,98
Testigo	2,00	2,00

Fuente: Pruebas de descomposición

Elaborado: Por el autor

Paralelamente a la toma de datos se realizó una observación directa sobre el estado físico del material vegetal, donde se corroboró que el tratamiento uno fue el que presentó más proximidad física a un proceso de descomposición, seguido por los tratamientos dos y tres que de igual forma presentaban leves características a este proceso.

6.2.2. Mejoramiento de la estructura del suelo

Propiedades físicas y químicas del suelo al iniciar y finalizar los ensayos

La Tabla 17 muestran los resultados del análisis de las características físicas y químicas del suelo obtenidos previamente para el desarrollo de los ensayos, el cual se clasificó en un suelo de textura franco limoso, con pH de 5,1 según ICA (1992), como un suelo fuertemente ácido y, en cuanto a la materia orgánica bajo del 2,2 %. El valor de densidad aparente es alto con 1,4 g/cm³ y es respectivo al contenido de porosidad que es del 50,9 % del total de suelo.

Tabla 16.

Comparación de los promedios de los bloques con los parámetros iniciales propiedades físicas y químicas del suelo procedente de la Quinta Experimental “La Argelia” – UNL 2023-2024.

Parámetros físicos y químicos	Nov-06-2023	Enero-19-2024		
	Inicial	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Clase textural	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso
pH	5,1	6,1	6,3	5,6
Materia orgánica (%)	2,2	3,0	3,2	4,6
Porosidad (%)	50,9	65,9	72,5	77,3
Densidad aparente (g/cm ³)	1,4	0,9	0,7	0,6

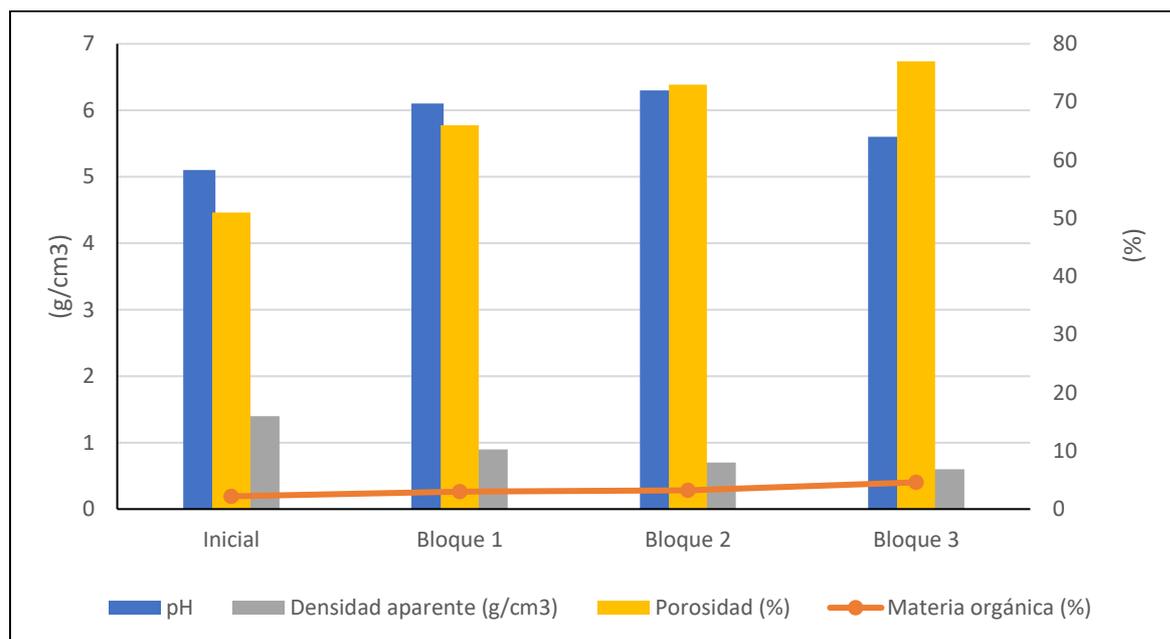
Fuente: Pruebas de laboratorio

Elaborado: Por el autor

En la Figura 16 se presenta, la comparación entre los resultados iniciales y los promedios de los resultados finales tanto de pH, materia orgánica, porosidad y densidad aparente del suelo en cada uno de los Bloques evaluados. En el Bloque uno, se obtuvo un pH de 6,1 (ligeramente ácidos), con un 3 % de materia orgánica, una densidad aparente de 0,9 g/cm³ y una porosidad del 66 %. Para el Bloque dos, el pH fue de 6,3 (ligeramente ácidos), con 3,2 % de materia orgánica, una densidad aparente de 0,7 g/cm³ y el 73 % de porosidad. Por último, en el Bloque tres un pH de 5,6 (ligeramente ácidos), el 4,6 % de materia orgánica, una densidad aparente de 0,6 g/cm³ y el 77 % de porosidad. Por lo que, podemos observar que en todos los Bloques hubo mejoras a las condiciones físicas del suelo en todos los parámetros.

Figura 16.

Comparación de los promedios de los bloques con los parámetros iniciales y finales en los resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo procedente de la Quinta Experimental “La Argelia” – UNL 2023-2024.



Fuente: Pruebas de laboratorio

Elaborado: Por el autor

En la Tabla 18, se observa los resultados de los tratamientos que mejores resultados obtuvieron en cada uno de los Bloques evaluados. En el parámetro de pH, todos los tratamientos tres con las partículas de 10 mm, alcanzaron los mayores incrementos, con valores de pH de 6,3; 6,5 y 5,8 respectivamente. En el contenido de materia orgánica, se puede observar que todos los tratamientos con las partículas de 4 mm experimentaron incremento alcanzando el 3,3 %, 4,7 % y 6,3 % respectivamente. Para la densidad aparente todos los tratamientos con las partículas de 8 y 10 mm obtuvieron densidades de 0,6 g/cm³, 0,7 g/cm³ y 0,9 g/cm³. Por último, la porosidad se observa que fue mejor en el Bloque tres, en el tratamiento uno con las partículas de diámetro de 4 mm, con un porcentaje de poros del 78,9 %. Mientras que en el bloque dos fue en el tratamiento dos (8mm) con el 74,4 % y de 67,6 % para el tratamiento dos (8mm) en el bloque uno.

Tabla 17.

Propiedades físicas y químicas del suelo al final de los ensayos, procedente de la Quinta Experimental “La Argelia” - UNL 2023

Enero-19-2024					
Bloque	Tratamiento	pH	Materia	Densidad	Porosidad
			Orgánica (%)	aparente (g/cm ³)	(%)
B1 (100g)	T1 (0-4mm)	5,9	3,3	1,0	63,2
	T2 (8mm)	6,0	2,9	0,9	67,6
	T3(10mm)	6,3	2,8	0,9	66,7
B2 (300g)	T1 (0-4mm)	6,1	4,7	0,8	69,9
	T2 (8mm)	6,4	2,6	0,7	74,4
	T3(10mm)	6,5	2,3	0,7	73,3
B3 (500g)	T1 (0-4mm)	5,4	6,3	0,6	78,9
	T2 (8mm)	5,5	3,8	0,6	75,6
	T3(10mm)	5,8	3,7		

Nota: *B1: con el 5% de cáscara de maní (100g) por cada Kg de suelo; B2: con el 15% de cáscara de maní (300g) por cada kg de suelo; B3Q: con el 25% de cáscara de maní (500g) por cada kg de suelo, * T1: con las partículas de 4 mm; T2: con partículas de 8 mm; T3: con las partículas de 10 mm.

Fuente: Pruebas de laboratorio

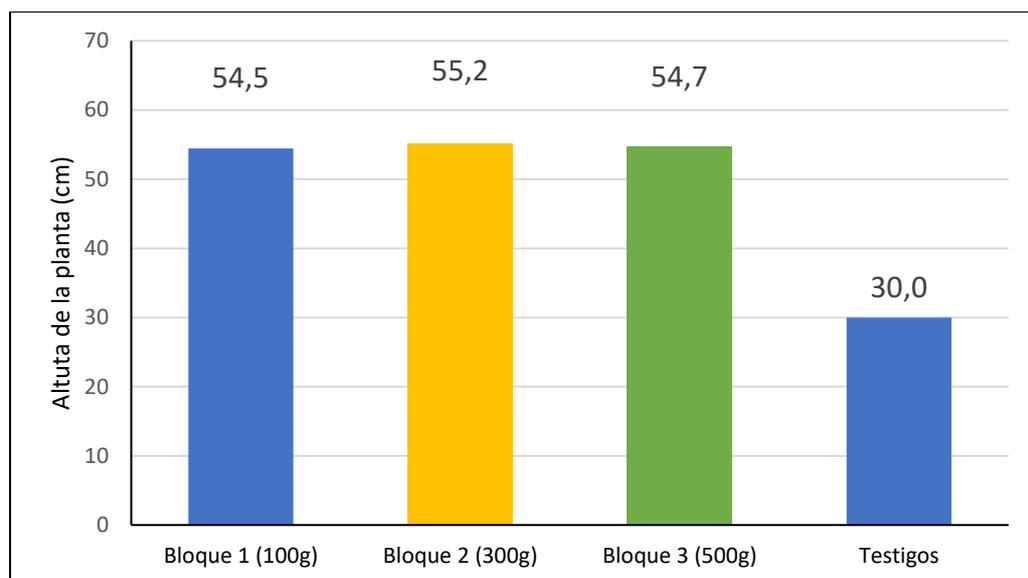
Elaborado: Por el autor

Desarrollo de las plantas

En la Figura 17, la altura promedio del desarrollo y crecimiento de las plantas de tomate Cherry. Siendo así que la altura de las plantas era similar entre los bloques, teniendo unas pequeñas variaciones respecto a las alturas promedio, se pudo observar que los tratamientos en el Bloque dos obtuvieron los mejores resultados en cuanto al desarrollo de las plantas con un promedio de altura de 55,2 cm.

Figura 17.

Alturas promedio de las plantas de tomate Cherry en cada uno de los bloques a los 60 días con la aplicación de cáscara de maní en diferentes diámetros y volúmenes



Fuente: Toma de alturas en campo

Elaborado: Por el autor

Para tener mayor claridad respecto al diámetro de las partículas que mayor influencia tuvo respecto al crecimiento de las plantas. En la Tabla 19 se presentan los diámetros de las partículas que mayor influencia tuvieron con respecto al crecimiento de las plantas por cada tratamiento en cada Bloque. Siendo así que en Bloque dos, el tratamiento dos con las partículas de 8 mm, fue el que mejor desarrollo alcanzó con una altura de 57,6 cm, seguido del tratamiento dos del bloque tres con 55,3 cm y, por último, del tratamiento dos del Bloque uno con 54,9 cm. Por lo que, se puede observar que los ensayos con las partículas de 8 mm se obtuvo los mejores resultados.

Tabla 18.

Alturas de las plantas de tomate Cherry en cada uno de los bloques y tratamientos a los 60 días con la aplicación de cáscara de maní en diferentes diámetros y volúmenes

Tratamiento	Altura a los 60 días		
	Bloque 1 (100g)	Bloque 2 (300g)	Bloque 3 (500g)
T1 (0 - 4 mm)	54,5	54,2	54,7
T2 (8 mm)	54,9	57,6	55,3
T3 (10 mm)	54,0	53,7	54,2
Testigo	30,0	30,3	29,8

Fuente: Toma de alturas en campo

Elaboración: Por el autor

7. Discusión

7.1. Medir la capacidad de procesamiento y el rendimiento de la máquina picadora en el triturado de la cáscara de maní.

El prototipo de máquina picadora en el procesamiento de la cáscara de maní tiene un rendimiento de $0,33 \text{ t.h}^{-1}$, que en comparación con otra máquina picadora del mismo tipo, como es el caso particular de la Picadora de desechos orgánicos JR-2_INAGRO, que ofrece una capacidad de corte para residuos orgánicos en estado semihúmedo y secos, donde se obtiene rendimientos de $0,3 \text{ t.h}^{-1}$ a $0,5 \text{ t.h}^{-1}$. Por lo que se consideraría ligeramente más eficiente que la máquina en estudio, por la capacidad de procesar hasta $0,5 \text{ t.h}^{-1}$, además de emplear un sistema motriz de 6,5 HP en comparación al prototipo en estudio que emplea 16 HP, lo que representaría también un menor gasto en combustible.

Se decidió realizar comparaciones con otras máquinas respecto al consumo energético, esto debido que al realizar la revisión bibliográfica de investigaciones similares sobre el rendimiento de máquinas picadoras o afines fueron escasas, lo que más se encontraron estudios relacionados con el diseño de prototipo, mas no de evaluaciones. Así, Alvarado (2023) que evaluó el mismo prototipo de máquina, en el triturado de atarraya de maíz, raquis de plátano, King Grass y restos de podas, mantuvo rendimientos de $1,1 \text{ t.h}^{-1}$ a $1,91 \text{ t.h}^{-1}$ con gastos de combustible de 3,28 l/h a 13,7 l/h, mientras que para este estudio obtuvo $0,33 \text{ t.h}^{-1}$ de cáscara de maní triturada con un consumo de combustible de 1,39 l/h. Estas diferencias pudieron deberse al estado del material, que en el caso de Alvarado (2023) estuvieron frescos y en el caso de la cáscara de maní estuvo seco, con un contenido de humedad del 10,4 % y una densidad aparente de $49,26 \text{ kg/m}^3$, volviéndolo un material muy ligero (Jimenez *et al.*, 2019). Otros aspectos a considerar es el tamaño de cada uno de estos materiales vegetales, que en el caso de la cáscara de maní no supera los 2,5 cm de largo y 1,5 cm de ancho siendo mucho más pequeño a los empleados por los otros autores (Jaramillo, 2019).

Por su parte, Toledo (2023) evaluó una trilladora - picadora estacionaria P-60, con un motor de 5,5 hp, obteniendo una capacidad de procesamiento en trillado de avena de 0,19 tn/h, con un consumo de combustible de 0,625 l/h. Es notorio que el procesamiento difiere mucho del trillado y del picado, por lo que se obtiene una baja capacidad de procesamiento de avena. Pero en cuanto al consumo de combustible, si bien es cierto procesa menos, pero tiene un

consumo bajo, de 0,625 l/h, comparando con lo encontrado por la máquina en estudio que fue 1,39 l/h, esto se debe principalmente a la potencia de motor.

En cuanto a la homogenización del triturado, Alvarado (2023) empleando la misma máquina obtuvo para la atarraya de maíz una homogeneidad de corte del 75 % para partículas menores de 2,5 cm de diámetro y 25 % en partículas mayores a 5 cm; mientras que en el raquis de plátano obtuvo un 87 % en diámetros igual o menores a 2,5 cm y un 22 % para partículas mayores a 5 cm; en el King Grass obtuvo un 76 % en diámetros menores a 2,5 cm y el 24 % restante en tamaños mayores a 5 cm. El resto de podas, que es un material picado en seco, obtuvo una homogenización de 53 % en los tamizados menores a 2,5 cm y para mayores a 5 cm un 47 %. Mientras que, para el presente estudio de triturado de cáscara de maní, se procedió a realizar una gama de tamices de menor tamaño, esto por porque la cáscara de maní es relativamente pequeña, obtenido una alta diferencia de homogeneización donde para los diámetros menores o igual a 4 mm se obtuvo el 32 % de toda la muestra vegetal, para el diámetro de 8 mm con el 21 % y en 14 % para partículas de 10 mm. Llegando a la conclusión que la máquina se desempeña mejor en material con algún grado de humedad y más grandes.

La tarifa estimada para el alquiler de la máquina picadora fue de \$ 2,37 por quintal, siendo un costo de alquiler más alto que el de una trilladora, que su valor al mercado local para el trillado de maní (separación de la vaina del grano) es en promedio de \$ 2,00 por quintal. En un estudio realizado por Rojas (2017) basado en los costos de producción de fréjol en la granja Laguacoto II, en el rubro de costos por el trillado con una máquina de modelo Maqtron B-380, de origen brasileño, obtuvieron que el costo de \$ 1,50 más un adicional de \$ 0,50 ctvs. de transporte. Además de esta particularidad Bertín (1986), considera que cada máquina representa valores de costo propio y que no será el mismo que el de otra máquina que ofrezca cumplir un trabajo parecido. Esto también dependerá de la inversión inicial, edad de la máquina, estado de conservación, tamaño, intensidad de trabajo, tipo de trabajo, entre otros factores. Mientras, Castillo (2015) reafirma que en varias provincias de la Costa Ecuatoriana prefieren realizarlo de forma tradicional ya que considera que las máquinas picadoras tienen un alto costo de adquisición.

7.2. Caracterizar el material resultante del triturado en distintas granulometrías, determinando el tamaño adecuado para facilitar su proceso de descomposición y mejora de las condiciones del suelo.

7.2.1. Proceso de descomposición

El material que se obtuvo a partir del tamizado fueron partículas de 4 mm, 8 mm y 10 mm, los mismo que se emplearon para la determinación del tamaño de partícula que mejor cumpla el proceso de descomposición. Según, Day & Shaw (2005); Moreno Casco & Moral Herrero (2008); Lopez (2010) el tamaño de las partículas es importante en el proceso de descomposición, debido a que, cuanto menor sea el tamaño, mayor será la superficie para la reproducción de los microorganismos y consecuentemente un proceso de descomposición más rápido. El tiempo de evaluación para la descomposición de la cáscara de maní para el presente estudio fue de aproximadamente de 8 semanas, que según Salinas *et al.* (2018) el proceso de compostaje puede durar de 12 semanas en condiciones más cálidas y 24 semanas en zonas más frías. Por lo que podemos decir que, si realizáramos los ensayos hasta estos tiempos, tendríamos resultados más claros. Aquí se evaluaron los parámetros de temperatura, humedad, pH y peso del material al inicio y final de los ensayos. Estos son necesarios monitorear, ya que si no se controlan, según Escobar *et al.* (2012) se pueden presentar dificultades en el proceso.

En relación al parámetro de la temperatura, el tratamiento uno con partículas menores o iguales a cuatro milímetros, la temperatura pasó de los 18,1 °C que fue el valor de partida, hasta los 27,3 °C desde la semana cuatro, manteniéndose alrededor de ese grado de temperatura hasta la semana ocho. Mientras que, para el testigo, que era la cáscara entera, inicio con un rango de 18 °C y desde la semana dos hasta la semana ocho se mantuvo temperaturas alrededor de los 20 °C (Figura 15). Corroborando con lo mencionado por Flores Flor & Núñez Silva, (2006) donde las partículas más pequeñas son consumidas con mayor facilidad que partículas de mayor diámetro. Por su parte, Escobar *et al.* (2012) que en su investigación evaluó compost a partir del estiércol y restos de maíz en una pila de 12 m³ alcanza a los cinco días los 40 °C, con temperaturas máximas de 67 °C y luego en la etapa final llega a 35 °C, pero se debe considerar que el material utilizado en este estudio es más propenso para procesos de fermentación y descomposición, por contener microorganismos descomponedores que están en el tracto digestivo del animal. Mientras que, en el presente estudio se demuestra que, al reducir el tamaño de las partículas de cáscara de maní y sin la aplicación de restos de excretar como lo

sugiere Rodale (1973), se puede conseguir un proceso de descomposición más rápido en condiciones naturales, en comparación con el material entero, que en lo mencionado por Zambrano De La Torre & Barreiro (2022) su alto contenido de lignina y bajo contenido de nitrógeno, lo vuelve un material difícilmente deteriorable en condiciones naturales.

Respecto al pH promedio de las cajas composteras, muestra valores de pH 6 al inicio de los ensayos, que con el transcurrir del tiempo (60 días) en los materiales triturados aumentaron hasta un pH de 7, mientras que para el testigo aumentó ligeramente hasta un pH de 6,5. Lo que se puede deducir que la mayoría de los tratamientos están dentro de lo recomendado por Moreno & Moral (2008) que dicen que deben estar entre 6,5 - 7,5 y que según Flores Flor & Núñez Silva (2006) se asegura un desarrollo optimo de los microorganismos descomponedores. Por su lado Bárbaro *et al.* (2019) mencionan que no existen problemas si el pH es ácido, porque algunas bacterias ya están acondicionadas a valores extremos. El aumento del pH en este estudio puede deberse a la composición química de la cáscara de maní, que según Fermanelli *et al.* (2019) contine un porcentaje de 0,24 % de calcio. Lo que, a su vez, este material sería recomendado para su uso en terrenos con problemas de acidez y que requieran mejorar su pH.

7.2.2. Mejora en las condiciones del suelo

En cuanto a los ensayos realizados para el mejoramiento de las condiciones de suelo, donde se utilizó un sustrato de mezclas de suelos con diferentes porcentajes de aportes de cáscara de maní y se evaluó el crecimiento de una planta de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum*), los suelos obtenidos fueron de la Quinta Experimental “La Argelia” de la UNL, que al igual de la mayoría de los suelos de la provincia y de la hoya de Loja, corresponden a suelos con problemas de acidez, baja capacidad de aeración principalmente por su textura, bajo contenido de MO, lo que representan en baja productividad de los cultivos (Tocto, 2022; Valarezo *et al.*, 1998).

Lo suelos estudiados de la Quinta La Argelia son de textura Franco Limosa (56 % de limo), lo que es una característica de los suelos de esta clase textural según Gisbert Blanquer *et al.* (2010), donde establece rangos del 50 a 80% de limo, para entrar dentro de esta clase textural. Respecto al parámetro de pH en los sustratos estudiados, el pH inicial del suelo antes de la combinación con la cáscara de maní fue de 5,1, que según ICA (1192) es considerado a suelos fuertemente ácidos. Por consiguiente, los resultados de los análisis de laboratorio

evidenciaron que en el bloque dos con el 15 % de cáscara de maní de 8 mm, favoreció mejor al aumento del pH alcanzando un de pH 6,4 volviendo los suelos ligeramente ácidos que según ICA (1992), se encuentra dentro del pH adecuado para la disponibilidad de nutrientes. Y que corrobora con lo mencionado por Power & Prasad (1997), que el rango óptimo para los suelos agrícolas debe variar entre 6,4 a 7,0 para mayor productividad. Lo que se evidenció además en el desarrollo de las plantas de tomate estudiadas para este bloque B2, teniendo el promedio de alturas más alto.

Respecto al contenido de materia orgánica se evidenció un aumento, principalmente en los tratamientos uno de los tres bloques, con las partículas de menor diámetro (4mm), donde se tuvo incrementos de 3,3; 4,7 hasta 6,3 %, volviéndolos suelos con un contenido medio a un alto en materia orgánica, en comparación a la inicial que era bajo de 2,2%. Evidenciando que diámetro y a mayor porcentaje de material vegetal, más alto el contenido de materia orgánica al final de los ensayos. Para Méndez & Bertsch (2012) el contenido de materia orgánica deseable debe ser superior al 5 % para tener un suelo altamente productivo o de 2 a 5 % que es contenido medio, que igual da buenos resultados. Por lo que, se puede decir que, aplicando cáscara de maní se alcanza estos porcentajes, siendo una buena fuente en materia orgánica.

En la densidad y la porosidad también se evidenció un cambio, pasando de un suelo que presenta problemas de drenaje y compactación, con un bajo porcentaje de poros y densidad aparente, a suelos más sueltos y con mayor cantidad de poros para el desarrollo radicular de las plantas. Obteniendo en el Bloque uno y dos, en todos los tratamientos densidades desde 1 g/cm³ a 0,7 g/, que según Weichmann, (1987), los valores de densidad aparente son preferibles entre 1 g/cm³ a 0,7 g/cm³, de forma que se garantiza una consistencia en la estructura. Con estos resultados, se puede decir que es una buena opción para mejorar este parámetro. Además, se pudo observar que al ir disminuyendo la cantidad de material vegetal y el diámetro de la partícula la densidad fue subiendo y disminuyendo el porcentaje de poros, respectivamente. Baver *et al.*, (1973) nos permiten demostrar que estos hallazgos van en concordancia a lo que él menciona, donde a suelos con problemas de compactación, menor porcentaje de poros y aumenta la densidad aparente.

Realizando una comparación con otro estudio realizado por Prado (2004), donde evaluó la aplicación de abono Bocashi para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, para cultivar pimiento híbrido quetzal en el cantón Puyango determino que son suelos de textura

franco arcillo arenoso, con un 4,14 % de materia orgánica, con un pH fuertemente ácido de 4,5 y una densidad aparente promedio de 1,35 gr/cm³. Al final de las pruebas con la aplicación del abono, el pH subió a 6,30 con un incremento de 1,8 puntos en comparación a la inicial, la materia orgánica subió a 15,58 % volviéndolos suelos ricos en materia orgánica, subiendo 11,44 puntos, todo esto en un lapso de un año. En comparación a los resultados alcanzados en este estudio con un suelo de textura franco limosa, con niveles bajos de materia orgánica con un 2,2 % y un suelo ácido con pH de 5,1. Los resultados de las pruebas al final arrojaron resultados en cuanto a la materia orgánica con incrementos máximos hasta de 6,3 % con un aumento de 4,1 puntos y un aumento de pH de hasta 6,5 subiendo 1,4 puntos en un lapso de dos meses. Siendo una buena opción el empleo de la cáscara de maní, por lo resultados tan favorables que arrojó esta investigación en lapsos cortos de aplicación.

Adicional, se evaluaron plantas de tomate en los diferentes ensayos con la aplicación de cáscara de maní en el suelo, donde se obtuvo que la altura promedio de las plantas a los 60 días, no presentan mayor diferencia entre los bloques. Sin embargo, el Bloque dos obtuvo el promedio más alto con 55,2 cm. Que en comparación con la altura promedio de los testigos, solo llegaron hasta los 30 cm, es decir solo alcanzaron la mitad de altura de los ensayos que contenían cáscara de maní. Que en comparación en el estudio realizado por Sigcha, 2016 donde evaluó la producción de tomate, con la aplicación de dos abonos orgánicos foliares y edáficos en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, donde al evaluar la altura de las plantas a los 60 días, tuvo una altura de 165,83 cm con la aplicación de humos de lombriz más ácido húmico y de 162,25 cm con abono Bocashi más ácido húmico y el testigo de 150,34 cm. Si bien estos valores son superiores a los obtenidos en esta investigación, se debe considerar que este autor realiza la combinación y aplicación de dos tipos de abonos ya preparados y en esta investigación solo se está realizando la aplicación de la cáscara de maní sin un proceso previo de descomposición, teniendo así buenos resultados.

8. Conclusiones

En relación a los resultados obtenidos en esta investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La máquina puede triturar $0,33 \text{ t.h}^{-1}$ en una hora de trabajo, con un consumo de $1,39 \text{ l/h}$. Respecto a los diámetros de tamices se obtuvo mayor cantidad de material en partículas menores a 4 mm y mayores a 10 mm .
- Se establece que la máquina no es completamente funcional para el triturado de este tipo de material, debido a que no existe una homogeneidad de corte, donde el 67% del material salió triturado y el resto salió entero. En cuanto al consumo de combustible si existe una optimización debido a la ligereza y el tamaño del material que permitió un paso más fácil.
- De acuerdo a la evaluación económica en el alquiler de la máquina, se establece un valor de pago de \$ $2,38$ por quintal. Este valor es rentable debido a que la máquina tiene una doble funcionalidad, con un costo favorable y adaptable a la capacidad de pago del agricultor.
- El proceso de descomposición en la cáscara de maní, los ensayos con las partículas de 4 mm fueron los que mayores características al proceso de descomposición evidenciaron a diferencia de los demás ensayos donde las partículas eran más grandes, alcanzando temperaturas de $27,3 \text{ }^\circ\text{C}$.
- El tratamiento que mejores resultados en cuanto al pH fue el que contuvo las partículas de 8 mm con el 15% de material, donde el suelo paso de ácido a suelos ligeramente ácidos, existiendo un incremento de hasta $1,4$ puntos. Para el contenido de materia orgánica aumentó hasta un $4,1\%$, en el tratamiento con menor diámetro de 4 mm y 25% de material vegetal en un lapso de aproximadamente tres meses.
- En lo que respecta al uso de este material en el mejoramiento para las condiciones del suelo y para la elaboración de compost, cumple con las condiciones necesarias para su aplicación, aportando incrementos en la materia orgánica, pH y reduciendo los problemas de compactación y aumentando el porcentaje de poros.
- Todas las plantas con aplicación de la cáscara maní a los 60 días, tuvieron un buen desarrollo, con una diferencia muy pequeña de los otros tratamientos que igual dieron

buenos resultados en su desarrollo. El bloque con el 15 % de material vegetal, fueron las que mayor altura alcanzaron

9. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios variando las velocidades de giro de motor, para realizar pruebas por cada una de las velocidades disponibles en la máquina, así se logrará optimizar el rendimiento de la máquina y evaluar con que potencia se obtiene mayor eficiencia de triturado.
- Sería importante realizar diseños para incorporar un agitador a la tolva de entrada la máquina, que genere pequeños golpeteos o vibraciones. De esta manera se eviten problemas de estancamiento o de taponamiento, principalmente para este tipo de material, reduciendo así, el tiempo de procesamiento, consumo de combustible y cuidando de la seguridad del operario.
- Realizar pruebas con diferentes contenidos de humedad en el material de cáscara de maní para evitar pérdidas por el viento y mantener la seguridad del personal en la generación de polvos.
- Realizar un análisis de laboratorio previo, que muestre la composición química de este tipo de material, principalmente respecto al contenido de Carbono y Nitrógeno. Así se podrá ajustar la relación C/N incorporando otro tipo de desecho que corrija las deficiencias o excesos de estos elementos. De esta manera, se obtendrá un proceso de compostaje de calidad y un abono provechoso para las plantas.
- Dentro de la evaluación del mejoramiento del suelo, se debe realizar más estudios sobre el aumento del pH en suelos ácidos con la incorporación de este tipo de material vegetal. De manera, que sean aplicados en campo abierto como una alternativa de aporte calcio en la corrección de problemas de acides en los suelos.

10. Bibliografía

- Aguilar, D. A. (2014). Análisis productivo y económico del cultivo del maní (*arachis hipogaea* var. Criollo) mediante la aplicación de cuatro niveles de Bokashi en la parroquia 27 de abril del cantón Espíndola [bachelorThesis]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/13964>
- Akubue, A. (2000). Appropriate Technology for Socioeconomic Development in Third World Countries. *Journal of Technology Studies*, 26(1).
- Alvarado, J. N., Alarcón, P. S., & Arroyo, J. J. (2018). Cálculo de productividad y optimización del equipo pesado utilizado en movimiento de tierras. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(Extra 3), 28-35.
- Alvarado, L. A. (2023). Evaluación del funcionamiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados de forraje y residuos de cosecha [bachelorThesis, Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/27218>
- Álvarez-Palomino, L., Vargas-Bayona, J. E., & García-Díaz, L. K. (2018). Abono orgánico: Aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales. *Spei Domus*, 14(28-29), Article 28-29.
- Angeles-Angeles, F. (2020). Prototipo. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3*, 7(13), Article 13.
- Aragundi, M. A., & Pacheco, H. A. (2022). Índice de mecanización agrícola de la Parroquia Crucita, Manabí—Ecuador. *La Técnica*, 1(1), 37-52. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4144
- Armijos, M. (2021). Análisis de la concentración del mercado del sector agrícola en el Ecuador. Período 2015 – 2019. *Cumbres*, 7(1), 55-66.
- Arroyave, J., & Garces, L. (2012). Tecnologías ambientalmente sostenibles. 1(2), 78-86.

- Bautista, J. I., & Hernández, J. J. A. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20-28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- Baver, L. D., Gardner, W. H., & Gardner, W. R. (1973). *Física de suelos*. UTEHA.
- Bermúdez, R. C., García, N., Aguilera, I. A., Mendoza, L. Y., Bermúdez, R. C., García-Oduardo, N., Aguilera-Rodríguez, I. A., & Mendoza-Montero, L. Y. (2023). Biodegradación de residuos lignocelulósicos secundarios por *Pleurotus* spp. *Tecnología Química*, 43(1), 157-172.
- Bertín A., P. (1986). Costos relacionados con el uso de maquinaria agrícola. 28, 19-22.
- Blanco, M. E. (2018). Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/121027/TMEBR1de1.pdf>
- Bohórquez, W. (2019). *El proceso de compostaje (Vol. 1)*. Universidad de la Salle.
- Bowden, R. D., Wurzbacher, S. J., Washko, S. E., Wind, L., Rice, A. M., Coble, A. E., Baldauf, N., Johnson, B., Wang, J.-J., Simpson, M., & Lajtha, K. (2019). Long-term Nitrogen Addition Decreases Organic Matter Decomposition and Increases Forest Soil Carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 83(S1), S82-S95. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.08.0293>
- Boza, S. Z., Herrera, X. E., Reyes, P. S. A., & Silva, A. M. (2021). Sistemas de innovación agrícola: Una mirada a la situación del sector agrícola ecuatoriano: Agricultural innovation systems: a look to the situation of the ecuadorian agricultural sector. *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 8, 237-254. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.80.647>

- Bragachini, M., Cattani, P., Gallardo, M., & Peiretti, J. (Eds.). (2008). Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, INTA. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/26754/mod_resource/content/2/libroForrajes-web.pdf
- Calvo, A. (2016, febrero 24). Cómo calcular el coste hora de maquinaria agrícola. Agroptima. <https://www.agroptima.com/es/blog/como-calcular-el-coste-hora-de-mi-maquinaria/>
- Carrera, D. E., & Vargas, J. P. (2016). Diseño y construcción de una trituradora de morochillo entero para producción de balanceados [bachelorThesis, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13113>
- Carrillo López, F. H., Pazmiño Armijos, E. V., Chimborazo Aucanshela, Á. A., & Quishpi Quinte, C. A. (2022). Influencia de la altura en el rendimiento operativo de los motores eléctricos. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 7(5), 12.
- Castillo, M. J. (2015). Análisis de la Productividad y Competitividad de la Ganadería de Carne en el Litoral Ecuatoriano. Rimisp en América Latina.
- Cerrato, M., Leblanc, H., & Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. 2, 183-197.
- Cespedes, S. S., Reynafarje, X., & Avila, F. (2014). Evaluación de la incorporación de residuos de cosecha sobre la producción orgánica de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en el valle de Mala. Anales Científicos, 75(2), Article 2. <https://doi.org/10.21704/ac.v75i2.976>

- Chaves, R., Campos, R., Brenes, L., Jiménez, M. F., Chaves, R., Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L., & Jiménez-Morales, M. F. (2019). Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(1), 39-53. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4117>
- Cortés, E., Álvarez, F., & González, H. (2009). La mecanización agrícola: Gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2), 151-160.
- Cortés, E., Álvarez, F., & Hugo, G. (2009). La Mecanización Agrícola: Gestión, Selección Y Administración De La Maquinaria Para Las Operaciones De Campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4(2), 151-160.
- Curcio, A. R., Blanco, N. P., & Gil, R. E. R. (2015). El reciclaje como alternativa de manejo de los residuos sólidos en el sector minas de Baruta, Estado Miranda, Venezuela. *Revista de Investigación*, 39(86), 157-170.
- Day, M., & Shaw, K. (2005). Procesos biológicos, químicos y físicos del compostaje. Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola, 2005, ISBN 84-8476-186-X, págs. 17-50, 17-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1088715>
- Demiraj, E., Libutti, A., Malltezi, J., Rroço, E., Brahushi, F., Monteleone, M., & Sulçe, S. (2018). Efecto de las enmiendas orgánicas en la mitigación de la lixiviación de nitratos en un suelo franco arenoso del distrito de Shkodra, Albania. *Italian Journal of Agronomy*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.1136>

- Donn, S., Wheatley, R. E., McKenzie, B. M., Loades, K. W., & Hallett, P. D. (2014). La mejora de la fertilidad del suelo gracias a la enmienda de compost aumenta el crecimiento de las raíces y el refuerzo de la superficie del suelo en las pendientes. *Ecological Engineering*, 71, 458-465. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.066>
- Eguillor, R. P. M. (2019, febrero 18). Pérdida y desperdicio de alimentos: Avances y desafíos Febrero de 2019. ODEPA | Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, 14.
- Elverdin, P., Piñero, V., & Robles, M. (2018a). La mecanización agrícola en América Latina (1.^a ed.). Intl Food Policy Res Inst.
- Elverdin, P., Piñero, V., & Robles, M. (2018b). La mecanización agrícola en América Latina. International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/132761>
- Escobar, F., Sánchez Ponce, J., & Azero A., M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(3), 390-410.
- Escobar-Tapia, D. S., & Vaca-Martínez, A. D. (2010). Acondicionamiento de un motor de combustión interna a gasolina con sistema de inyección electrónica como maqueta didáctica para la implementación de los laboratorios de la especialidad en ingeniería electromecánica de la unidad académica de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la universidad técnica de Cotopaxi. [bachelorThesis, LATACUNGA / UTC / 2010]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1155>
- Farías, P. B. (2015). Sistema de reducción y reutilización sustentable de la cáscara de maní por medio del cultivo de hongos comestibles. [Escuela de Diseño Universidad de Valparaíso Valparaíso]. <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvscl/6522>

- Fermanelli, C. S., Pierella, L., & Saux, C. (2019). Pirólisis Catalítica de Cáscara de Maní para la Obtención de Productos Químicos de Interés. *AJEA (Actas De Jornadas Y Eventos Académicos De UTN)*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.33414/ajea.4.415.2019>
- Fernandez, E., Giayetto, O., Cerioni, G., & Morla, F. (2017). Calidad Comercial y Alimenticia de los Granos. En *El cultivo de maní en Córdoba (2.ª ed., pp. 265-290)*. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Fisher, M. (2006). Los ingresos son desarrollo: Las bombas de KickStart ayudan a los agricultores kenianos a hacer la transición a una economía monetaria. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 1(1), 9-30. <https://doi.org/10.1162/itgg.2006.1.1.9>
- Flores Flor, J. E., & Núñez Silva, I. A. (2006). Análisis del proceso de elaboración de compost con cuatro fuentes de materia orgánica animal (*Bos taurus*, *Gallus gallus*, *Cavia porcellus*, *Ovis aries*) en la hacienda El Prado 2005 [bachelorThesis, SANGOLQUÍ / ESPE-IASA I / 2006]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/2561>
- Fosado, Á. (2018). *Manual Técnico-Motores Eléctricos (1.ª ed.)*. Diseño Editorial S. A. <https://www.elsolucionario.org/wp-content/archivos/2020/08/manual-tecnico-de-motores-electricos-fundacion-red-de-energia-bun-ca-1ra-edicion.jpg>
- Fuerte, A. (2011). Desarrollo sostenible y transferencia de tecnologías limpias. *Ensayos de economía*, 21(39), 109-118.
- Garcés, F. R., Gallo, K. L., & Sánchez, F. D. (2015). Respuesta de genotipos de maní a tres densidades de siembra y presencia de enfermedades en Quevedo, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 36(3), 106-113.

- Garcés-Fiallos, F. R., Guamán-Anchundia, R., Bozada-Véliz, J., & Díaz-Coronel, G. (2014). Características agronómicas y sanidad de germoplasma promisorio de maní (*Arachis hypogaea* L.) en Quevedo, Ecuador. *Acta agronomica*, 63(4), 318-325. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.43080>
- García-Arias, F., Shkiliova, L., Carvajal-Rivadeneira, A., García-Arias, F., Shkiliova, L., & Carvajal-Rivadeneira, A. (2023). Diagnóstico del uso de la maquinaria agrícola por los prestadores del servicio de mecanización. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542023000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gisbert Blanquer, J. M., Ibañez Asensio, S., & Moreno Ramón, H. (2010). La textura del suelo. <https://riunet.upv.es/handle/10251/7775>
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (1.ª ed.). Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=19ASCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=motores&ots=Kv3xfNINgj&sig=q4BQKon-ctFHzzC8xgBB9qlmrSQ#v=onepage&q=motores&f=false>
- González, D. (2018). *Motores* (2.ª ed.). Ediciones Paraninfo, S.A. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=HxJMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=motores&ots=IOWoeK-tx7&sig=wd47jLlpa2-FhcQEscjBIQzFm38#v=onepage&q=motores&f=false>
- Guijarro Paguay, G. I., & Paguay Ocaña, H. X. (2011). *Diseño y Construcción de una máquina Picadora de Bagazo de Caña de Azúcar*. [bachelorThesis]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1175>

- Gurevich, L. I., Bonelli, P. R., & Cukierman, A. L. (2015). Coprólisis de cáscaras de maní y mezclas de almidón de yuca: Efecto de la proporción de los componentes. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 113, 508-517. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.03.017>
- Hernández, J., Gutiérrez, F., González, A., & Bailón, H. C. (2020). Nivel de mecanización agrícola en el municipio de Zinacantepec, Estado de México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 27(1). <https://doi.org/10.30878/ces.v>
- Herrera-Uchalin, M. G., Valiente-Saldaña, Y. M., Garibay-Castillo, J. V., Herrera-Cherres, S., Herrera-Uchalin, M. G., Valiente-Saldaña, Y. M., Garibay-Castillo, J. V., & Herrera-Cherres, S. (2023). Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal: Revisión sistémica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(16), 150-170. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2540>
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA (1992) Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación. Bogotá, ICA.
- Intriago, F. (2019). La mecanización agrícola y su impacto en el desarrollo agropecuario del Ecuador. *SATHIRI: Sembrador. SATHIRI*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.32645/13906925.910>
- Jácome, S., Soria, E., Alcívar, L., & Aldaz, J. (2018). Evaluación del comportamiento agronómico de 15 líneas de maní del grupo Valencia (*Arachis Hypogaea* L.). *Ciencia Digital*, 2(1), 263-281. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i1.18>

- Jaramillo, J. D. (2019). Caracterización química y valoración nutricional de la cáscara de maní (*Arachis Hypogaea*) en la provincia de Loja. [bachelorThesis, Loja].
<https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/21600>
- Jijingi, H. E., & Simeon, P. O. (2017). Necesidad de estrategias de mecanización significativas para mejorar la producción agrícola sostenible en el estado de benue-nigeria. 17(1).
- Jimenez, P. V., Da Silva, D. A., Umlandt, C. M., Gatani, M. P., & Medina, J. C. (2019). Caracterización de cascara de maní procedente de Córdoba, Argentina.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/125228>
- Kates, E. J., & Luck, W. E. (2021). Motores diésel y de gas de alta compresión (2.ª ed.). Reverté, S. A.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1pAXEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=motores+diesel&ots=GQqoc1gWs5&sig=jRtMnZ6Ci3B0IPCNxySXzns6p58#v=onepage&q=motores%20diesel&f=false>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. V. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Publications.
- Lopez, W. (2010). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol [Thesis, Instituto Politécnico Nacional].
<http://www.repositoriodigital.ipn.mx//handle/123456789/6940>
- López-Pérez, V. P., Ramírez-Montesdeoca, W. A., & Alarcón-Moyano, G. A. (2020). Estudio de Materiales utilizados en la Construcción de Aperos para la mecanización agrícola en la zona Andina del Ecuador. (Enfoque Mecánica y Diseño Ergonómicos). Dominio de las Ciencias, 6(3), 1194-1204.

- Macías, E. G. (2012). Evaluación del efecto de enzimas exógenas (Celulasas) sobre la composición química y digestibilidad in vitro de la cáscara de maní, para el uso en rumiantes en la Provincia de Manabí. *La Técnica*, 8, 6-10.
- Maisarah, A., & Syafawati, J. (2022). Explorando el potencial del vermicompost como estrategia sostenible en la economía circular: Mejorar las propiedades bioactivas de las plantas e impulsar el rendimiento y la calidad agrícola. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(9), 12948-12964. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18006-z>
- Martín, J. (2020). Diagnóstico de la combustión en motores diésel de inyección directa. Reverté, S. A.
- Martínez, E., Daza, D., Tello, P., Soulier, M., & Terraza, H. (2010). Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010. <https://publications.iadb.org/es/informe-de-la-evaluacion-regional-del-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-en-america-latina-y-el>
- Mayorca, J. (2019). Propuesta de mejora de la disponibilidad de maquinaria pesada en una PYME utilizando el RCM [bachelorThesis, Universidad Peruana de ciencias aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625619>
- Mehdizadeh, M., Izadi-Darbandi, E., Naseri Pour Yazdi, M. T., Rastgoo, M., Malaekheh-Nikouei, B., & Nassirli, H. (2019). Impacts of different organic amendments on soil degradation and phytotoxicity of metribuzin. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 113-121. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0280-8>
- Méndez, J. C., & Bertsch, F. (2012). Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica. (1.^a ed., Vol. 2).

- Mimendi, S. C., & Medina, E. H. (2021). El prototipo en la investigación a través del diseño: Una mirada desde el upcycling. *I+Diseño. Revista Científica de Investigación y Desarrollo en Diseño*, 16(2), 85-106.
<https://doi.org/10.24310/ldiseno.2021.v16i.11316>
- Mora-Men, N. E. (2020). Formulaciones nacionales de gasolinas de alto octano. Caso estudio. *Tecnología Química*, 40(2), 452-468.
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje*. Mundi Prensa Libros.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=298016>
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje (Vol. 1)*. Mundi Prensa Libros.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=298016>
- Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A. M., & Fadul.Vásquez, C. J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), Article 1.
<https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Murphy, H. M., McBean, E. A., & Farahbakhsh, K. (2009). Tecnología apropiada: Un enfoque integral para el agua y el saneamiento en el mundo en desarrollo. *Technology in Society*, 31(2), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.03.010>
- Nieto, V. M., & Lesmes, G. M. C. (2018). Cadena productiva de productos oleaginosos, grasas y aceites. Estructura, Comercio Internacional y Protección (016160, Departamento Nacional de Planeación). <https://ideas.repec.org//p/col/000118/016160.html>
- Ortmann, R. (2005). *Técnica de los gases de escape para motores de gasolina (2.ª ed.)*. Reverte.

- Pérez de Corcho Fuentes, J. S., Herrera Suárez, M., Vivas Vivas, R. J., García, G., & Valdiviezo, R. (2017). La mecanización agrícola: Campo de acción de la ingeniería agronómica. *Siembra*, 4(1), 59-65. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.500>
- Pérez, M., & García, K. (2015). Manual del cultivo de maní con criterios de sustentabilidad (Primera Edición. INDÓMITA S.R.L, INTERSNACK). GIZ; INTERSNACK.
- Pindo, D. H. (2013). Determinación del efecto y rentabilidad de tres tipos de abonos orgánicos en el cultivo de tomate de mesa (*solanum lycopersicum*) variedad elpida bajo condiciones de invernadero en el cantón chilla provincia de El Oro [bachelorThesis]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/5482>
- Porras, Á. C., & González, A. R. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Power, J. F., & Prasad, R. (1997). Gestión de la fertilidad del suelo para una agricultura sostenible. CRC Press.
- Prado, M. (2004). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante aplicación de bocashi, para cultivar pimiento híbrido quetzal, cantón Puyango [bachelorThesis]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/5575>
- Proexport Colombia. (2004). Estudio de mercado—Maquinaria Agrícola en Ecuador. Convenio ATN/MT-7253-CO.
- Ramírez, D. X. (2018). Análisis de eficiencia energética del ciclo diésel [bachelorThesis, Carrera técnica del norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8110>
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.

- Río, R. S. del, Gallego, C. A., Soler, E. A., Bedmar, E. J., Arcos, M. C., Peláez, L. C., Ripoll, X. F., Segura, X. F. i, López, M. J. L., Maison, E. M., Boldú, F. P., Muñoz, G. T., & Huguet, T. V. i. (2014). De residuo a recurso el camino hacia la sostenibilidad. II 2 Aspectos biológicos de la digestión anaeróbica (Vol. 2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=857834>
- Rojas, M. (2017). Indicadores De Sustentabilidad de La Granja Académica Productiva Laguacoto II de la Universidad Estatal de Bolívar [Tesis Magistrado, Universidad tecnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25473>
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/1cea1861-e379-57f9-988e-93be04982954>
- Romero, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Tecnológicas*, 25(54). <https://doi.org/10.22430/22565337.2505>
- Rosas, D. (2016). Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. *Agro Productividad*, 9(8). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/796>
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz, M. (2015). Motores de combustión interna (1.ª ed.). Editorial UNED.
- Ruiz-Altisent, M., & Gil, J. (2000). La maquinaria agrícola en el siglo XX. *Phytoma España*, 121, Article 121.

- Salas, C. G., & Villacrés, M. G. (2012). Diseño de un Molino de Rodillos para Molienda de Granos, Destinado al Área de Alimentos del CESTTA - ESPOCH [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1982>
- Salinas, C., León, M. de los A., Pérez, M. I., & Yagello, J. (2018). Manual de compostaje para zonas frías (1.^a ed.). <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Recursos-digitales/Lineas-de-Innovacion/Educacion-Ambiental/223436:Manual-de-compostaje-para-zonas-frias>
- Sánchez, I. F., & Delgado, R. J. L. (2008). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. *Compostaje*, 2008, ISBN 978-84-8476-346-8, págs. 305-328, 305-328. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3229532>
- Sánchez, M., Bravo, A., & Soriano, M. (2014). Obtención de carbón activado a partir de cascarilla de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.). *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-VII: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos*, 2014, ISBN 978-607-8324-24-8, págs. 13-19, 13-19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4860488>
- Sánchez-Varela, D. (2018). Estimación de rendimiento y productividad de equipo y mano de obra de un proyecto vial con declaratoria de emergencia. 2-7.
- Senay, E., & Landrigan, P. J. (2018). Evaluación de informes de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social corporativa realizados por grandes organizaciones de atención médica. *Red JAMA Abierta*, 1(4). <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.0975>

- Sigcha, R. F. (2016). Producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* mill) con la aplicación de dos abonos orgánicos foliares y edáficos en el Centro Experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión la Maná. 2015 [bachelorThesis, LA MANÁ / UTC / 2016]. <http://localhost/handle/27000/3497>
- Storey, S., Chualain, D. N., Doyle, O., Clipson, N., & Doyle, E. (2015). Comparación de la sucesión bacteriana en compost de residuos verdes modificados con fertilizantes inorgánicos y lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Tecnología Bioambiental*, 179, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.107>
- Sztern, D., & Pravia, M. A. (1999a). Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. En *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos* (pp. 65-65). Organización Panamericana de la Salud. <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
- Sztern, D., & Pravia, M. A. (1999b). Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. En *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos* (pp. 65-65). <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
- Tocto, P. (2022). Determinación de la conductividad hidráulica con fines de drenaje en suelos pertenecientes a las Quintas Experimentales “Punzara” y “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja. [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/28467>
- Toledo, M. L. (2023). Evaluación de diferentes sistemas de trilla en el cultivo de avena en el ayllu originario Huayanca municipio de Moco Moco, La Paz [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/33780>

- Tortarolo, M. F., Pereda, M., & Palma, M. (2008). Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Ciencia del suelo*, 26(1), 41-50.
- Valarezo, C., Iñiguez, M., Guaya, P., & Valarezo, L. (1998). Condiciones físicas de los suelos de la región sur del Ecuador: Una guía para proyectos de riego, drenaje, manejo y conservación de suelos. Universidad Nacional de Loja.
- Vargas, E. M., Mariño, C. J., Madroñero, D. B., & Ruiz, R. E. P. (2019). Creación de una máquina picadora y trituradora de especies forrajeras para alimentación de ganado en la provincia de Chimborazo, parroquia Calpi. *Ciencia Digital*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v9i2.378>
- Vargas, R. (1999). La maquinaria pesada en movimiento de tierras (descripción y rendimiento) [Instituto tecnológico de la construcción]. https://www.academia.edu/35941821/LA_MAQUINARIA_PESADA_EK_MOVIMIENTO_DE_TIERRAS_DESCRIPCION_Y_RENDIMIENTO
- Velasco, J. (2016). Residuos agropecuarios con potencial en compostaje. *Agro Productividad*, 9(8). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/795>
- Velasco, R., & González, J. (2007). Costo de operación o uso de maquinaria agrícola: Cómo evaluarlo. I. Conceptos y aspectos metodológicos. 45-51.
- Vilela, R. N. da S., Orrico, A. C. A., Orrico Junior, M. A. P., Aspilcueta Borquis, R. R., Tomazi, M., Oliveira, J. D. de, Ávila, M. R. de, Santos, F. T. dos, & Leite, B. K. V. (2022). Efectos de la aireación y la estación en el compostaje de residuos de matadero. *Tecnología e innovación ambiental*, 27, 102-505. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102505>

- Villegas-Cornelio, V. M., Laines Canepa, J. R., Villegas-Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: l avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.59>
- Weichmann, J. 1987. *Fisiología hortalizas*. New York, US. 597 p.
- Weiss, J., George, C., & Walker, J. (2006). Rediseño de una trituradora con tecnología adecuada para su fabricación en un país en desarrollo. *Revista Internacional de Aprendizaje Servicio En Ingeniería, Ingeniería Humanitaria y Emprendimiento Social*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.24908/ijsle.v1i1.2082>
- Wicklein, R. C. (1998). Diseño de tecnologías apropiadas en los países en desarrollo. *Tecnología en la sociedad*, 20(3), 371-375. [https://doi.org/10.1016/S0160-791X\(98\)00022-0](https://doi.org/10.1016/S0160-791X(98)00022-0)
- Zambrano De La Torre, R., & Barreiro, G. S. (2022). Uso de la cáscara de maní en paneles prefabricados para viviendas de interés social en Manabí. *Sinapsis: La revista científica del ITSUP*, 21(1), 19.

11. Anexos

Anexo 1. Recepción de la materia prima



Anexo 2. Proceso de triturado de la cáscara de maní



Anexo 3. Recolección y conservación del material triturado



Anexo 4. Proceso de tamizado del material triturado



Anexo 5. Preparación y establecimiento de los ensayos para proceso de descomposición



Anexo 6. Preparación de los ensayos para mejoramiento de la estructura del suelo



Anexo 7. Establecimiento de los ensayos para mejoramiento de las condiciones del suelo



Anexo 8. Ensayos a los 30 y 60 días desde su aplicación



Anexo 9. Tratamiento con aplicación de material vegetal y testigo del Bloque uno y Bloque dos



Anexo 10. Día de campo al finalizar con la investigación



Anexo 11. Costos adicionales para la estimación del costo de alquiler de la máquina picadora

Costos adicionales en la máquina picadora (\$)	
C. amortización	0,64
C- consumos	0,87
C. reparación y mantenimiento	1,82

Anexo 12. Promedios de temperatura °C durante el proceso de descomposición para la cáscara de maní en un periodo de 30 días

Tratamientos/ Semanas	Temperatura °C								
	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8
T1 (4 - <4 mm)	18,1	25,9	27,2	27,3	27,4	27,4	27,3	27,3	27,3
T2 (8 mm)	18,0	25,3	25,5	25,2	25,0	25,2	25,2	25,2	25,1
T3 (10 mm)	18,0	24,1	25,3	24,1	24,0	24,1	24,0	23,9	24,0
Testigo	18,0	20,1	20,1	20,1	20,2	20,2	20,0	20,1	20,0

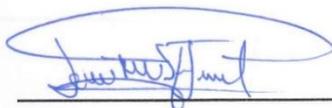
CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Lida Mercedes Solano Jaramillo, cédula de ciudadanía 1104417728. Licenciado en Ciencias de la educación Mención Inglés - 1031-09-955173:

CERTIFICO

Que el resumen del trabajo de integración curricular denominado “Evaluación del rendimiento de un prototipo de máquina picadora para la obtención de elementos triturados a partir de la cáscara de maní (*Arachis hypogaea L.*)”, de la estudiante Solage Micaela Viñan Capa, portadora de la cédula de ciudadanía 1106071465, estudiante de la carrera de Ingeniería agrícola de la Facultad de Agropecuaria de los Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrícola, es una fiel traducción del idioma español al inglés.

LOJA, 07 DE MARZO DE 2024



Mgtr. Lida Solano Jaramillo

Licenciado en Ciencias de la educación Mención Inglés

1104417728

