



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO**

**DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE CORTEZA EN LA ESPECIE
FORESTAL EUCALIPTO (*EUCALYPTUS GLOBULUS*) Y EVALUACIÓN DE
NUTRIENTES EN EL PRODUCTO FINAL**

FERNANDO DAVID GUEVARA CUASPUD

TUTOR: MSc. EDWIN DEL POZO VILLACÍS

IBARRA, ECUADOR

JULIO- 2024

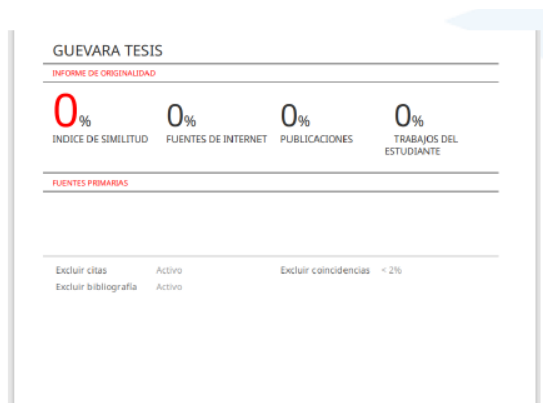
Ibarra, 05 de junio de 2024

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación titulado: DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE CORTEZA EN LA ESPECIE FORESTAL EUCALIPTO (EUCALYPTUS GLOBULUS) Y EVALUACIÓN DE NUTRIENTES EN EL PRODUCTO FINAL, presentado por el estudiante FERNANDO DAVID GUEVARA CUASPUD con cédula de ciudadanía N°1003914346, para obtener el Título Licenciado en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.



X

MsC Moraima Cristina Mera Aguas

C.C.:1001743721

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:



X

Mgs. Moraima Mera
C.C.: 1001743721



Mgs. Paola Chávez
C.C.: 1002744090



(f): PhD Edmundo Recalde Posso
C.C.: 1001774494

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Fernando David Guevara Cuaspud, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 24 enero de 2024

f):




Fernando David Guevara Cuaspud

C.C.: 1003914346

AUTORÍA

Yo, Fernando David Guevara Cuaspud portador de la cédula de ciudadanía N° 100391434-6 declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): 

Fernando David Guevara Cuaspud

C.C.: 1003914346

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Fernando David Guevara Cuaspud, con CC: 100391434-6, autor del trabajo de grado titulado: Descomposición de residuos de corteza en la especie forestal eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y evaluación de nutrientes en el producto final, previo a la obtención del título profesional de licenciado en ciencias ambientales y eco desarrollo en la Escuela de Ciencias Ambientales y Agrícolas

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra 24 enero de 2024



(f.).....

(Fernando David Guevara Cuaspud)

C.C. (1003914346)

ÍNDICE

ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	2
OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
2.3 Hipótesis	2
ESTADO DEL ARTE	3
3.1 Eucalipto	3
3.1.1 Generalidades y descripción taxonómica	4
3.1.2 Usos del eucalipto.....	5
3.1.3 Aprovechamiento forestal	5
3.1.4 Relevancia Ecológica	6
3.2 Características de la Corteza	8
3.3 Manejo de Residuos Orgánicos	10
3.3.1 Influencia de los Residuos del Eucalipto en la Estructura de Comunidades Microbianas y Materia Orgánica en el Suelo.	11

3.3.2 Descomposición de Residuos de Eucalipto	13
3.4 Mejorador de Suelos	14
3.4.1 Mejoradores de Origen Orgánico	16
3.4.2 Mejoradores Inorgánicos del Suelo	17
3.4.3 Usos de los Mejoradores de Suelo.....	18
3.4.4 Fertilizantes y Mejoradores de Suelo	19
3.5 Características de la biomasa forestal	21
CAPITULO IV	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1 Materiales	23
4.2 Métodos	23
4.2.1 Evaluación de Biomasa	23
4.2.2 Tratamiento de Corteza	24
4.2.3 Toma de muestras de suelo.....	25
4.2.4 Aislamiento de Microorganismos.....	25
4.2.5 Caracterización de las descomposiciones de la corteza	26
4.2.6 Diseño Experimental	27
CAPÍTULO V	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1 Evaluación de la Biomasa	29
5.2 Toma de Muestras	30
5.3 Biodegradación de la Corteza	31
CAPÍTULO VI	36
CONCLUSIONES	36
CAPÍTULO VII	37

RECOMENDACIONES	37
CAPITULO VIII	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Acumulación de corteza en los patios de NOVOPAN	22
Figura 2 Tratamientos de retazos de corteza	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Repeticiones necesarias para el diseño experimental ml(C) y Tratamientos(T)	28
Tabla 2	ANOVA usado para verificar las diferencias entre los factores C y T	28
Tabla 3	Pesos, porcentajes y promedios de masa de rollizas de eucalipto	29
Tabla 4	Porcentajes de volúmenes de rollizas con su relación de corteza a lo largo de una semana	30
Tabla 5	Características fisicoquímicas de las muestras de suelo de NOVOPAN	30
Tabla 6	Pesos promedio en gramos de corteza inoculada al final del mes 1	31
Tabla 7	Pesos en gramos de cortezas promedio al final del mes 5	32
Tabla 8	ANOVA mes1	33
Tabla 9	ANOVA Mes5	33
Tabla 10	TUKEY: Comparación entre cantidades de agar (Mes1)	34
Tabla 11	Tukey: comparación entre tratamiento usado (mes1)	34
Tabla 12	Tukey: Comparación entre cantidades de agar (mes5)	35
Tabla 13	Tukey: comparación entre tratamiento usado (mes5)	35

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Corteza en retazos antes de ser inoculadas	40
Anexo 2 Medio de cultivo agar glucosa 4% según SABOURAUD para la microbiología	41
Anexo 3 Inicio de cultivo de cepas de microorganismo	41
Anexo 4 Estación temporal de corteza antes de disposición final	42
Anexo 5 Disposición final de corteza dentro de NOVOPAN	43
Anexo 6 Pesos de corteza después de un mes	44
Anexo 7 Pesos de corteza después de 2 meses	45
Anexo 8 Pesos de corteza después de 3 meses	46
Anexo 9 Pesos de corteza después de 4 meses	47
Anexo 10 Pesos de corteza después de 5 meses	48

RESUMEN

El eucalipto es una de las especies madereras más influyentes dentro de la industria del país, por su rápido crecimiento y varias cosechas; la primero se realiza a los 10 años de edad y los posteriores cortes se realizan cada 5 a 7 años. Existen algunas variedades de eucalipto, siendo la más popular en la sierra ecuatoriana, *Eucalyptus globulus Labill*, que contiene una gran cantidad de celulosa y su corteza es rica en nutrientes como nitrógeno y fósforo, de importancia para el desarrollo vegetal. Lamentablemente, no toda la rolliza es aprovechada, debido a que la cascara es filamentosa y de dureza inconsistente, haciendo difícil su manejo a nivel industrial, por lo que es desechada en el talado o simplemente acumulada en sitios donde se convierte en un residuo. En esta investigación se buscó mejorar el aprovechamiento de los recursos forestales, donde se evaluó el desempeño de la descomposición de residuos de eucalipto, utilizando un diseño experimental, para definir la viabilidad del sustrato resultante como un mejorador de suelos. En la investigación se empleó la corteza de rollizas de eucalipto acumulados en el la empresa NOVOPAN; con el objetivo de mitigar su acumulación. Se observó el proceso de descomposición, para lo cual se recolectó muestras para análisis fisicoquímico y se estudió microorganismos con posibles beneficios para la biodegradación. Estos fueron aislados y después inoculados en retazos de corteza. La descomposición fue monitoreada por 5 meses. Al final del proceso se evaluó la viabilidad del sustrato dentro del laboratorio. Donde, el principal resultado, fue que la actividad microbiana fue poco significativa al ser comparada con el testigo no inoculado y las características presentes en el sustrato resultante, presentan una liberación de nutrientes lenta, pero su estructura es favorable para el suelo y el desarrollo vegetal. Estos resultados sugieren que los microorganismos presentes en los tratamientos **T3** y **T4** favorecen la descomposición de la corteza, lo que podría ser útil para mejorar el manejo de residuos en la industria maderera. Esta investigación demuestra que materiales restantes del aprovechamiento forestal son una fuente valiosa de nutrientes, a pesar de su lenta descomposición

Palabras clave: *descomposición controlada, rollizas, corteza, mejorador de suelos*

ABSTRACT

Eucalyptus is one of the most influential wood tree species within the country's industry due to its rapid growth and ability to have multiple yields. The first cut is made at 10 years of age, and subsequent management cuts are made every 5 to 7 years. Among the various eucalyptus varieties, *Eucalyptus globulus* Labill is the most popular in the Ecuadorian highlands. This variety contains a significant amount of cellulose, and its bark is rich in important nutrients such as nitrogen and phosphorus for plant growth. Unfortunately, not all the eucalyptus trees are harvested entirely, and the bark is often discarded during harvesting or accumulated in companies and sawmills. The filamentous nature of this tree and its inconsistent hardness makes it challenging to handle at an industrial level. This experiment aimed to improve the utilization of eucalyptus by evaluating the performance of bark decomposition through an experimental design to determine the viability of the resulting substrate as a soil improver. In this study, the bark of eucalyptus logs generated by the company NOVOPAN was used. To mitigate bark accumulation, a controlled decomposition process with microorganisms was implemented. Samples were collected for physicochemical analysis, and microorganisms with beneficial characteristics for the decomposition were extracted. These microorganisms were then isolated and inoculated into dry bark chips. The decomposition process was monitored for five months. At the end of the decomposition process, the viability of the substrate was evaluated through laboratory physicochemical analysis. Where the main finding was that microbial activity was not very significant when compared to the non-inoculated control, and the characteristics present in the resulting substrate exhibit a slow release of nutrients, but their structure is favorable for soil and plant development. These results suggest that the microorganisms present in treatments T3 and T4 promote bark decomposition, which could be useful for improving waste management in the wood industry. This research demonstrates that remaining materials from forestry operations are a valuable source of nutrients, despite their slow decomposition.

Keywords: *controlled decomposition, plump, bark, soil improver*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso de elaboración de tableros de la empresa NOVOPAN, existe la acumulación de residuos forestales, en especial la corteza de las trozas de *Eucalyptus globulus* Labill. En la producción, solo se utiliza la celulosa de los árboles. La cáscara de esta madera termina sin usarse y acumulada. Esto se debe a su característica de no ser fácilmente descompuesta, lo cual significa que su tiempo de retención es alto y tiende a ocupar grandes espacios.

El uso del género *Eucalyptus* en la industria forestal se debe a su fácil adaptación, especialmente en las regiones más cálidas del mundo, debido a su rápido crecimiento y a su capacidad para prosperar en una amplia variedad de condiciones climáticas (Granados y López, 2007). A pesar de que ha sido duramente criticado por su reputación de causar daños ambientales en el suelo, como su empobrecimiento y la estimulación de la erosión, esto se debe a la capacidad de sus plantaciones para absorber grandes cantidades de nutrientes del suelo (Espinoza, 2022 p.25). Es importante comprender el proceso de reciclaje de nutrientes y cómo los residuos de la cosecha se relacionan con el mantenimiento de la productividad del suelo. Por lo tanto, es crucial estudiar los nutrientes extraídos por las plantaciones forestales de esta especie.

La importancia de caracterizar el proceso de biodegradación de los restos de la cosecha, así como identificar sus posibles parámetros, radica en su contribución directa a la reducción del impacto ambiental causado por las industrias madereras en el suelo. Además, al darle un uso productivo a este residuo, se mejoran los procesos de la empresa y se abren nuevas oportunidades laborales y comerciales para NOVOPAN.

En esta investigación, se analizaron las diversas condiciones que pudieron influir en la descomposición de la corteza del eucalipto. El objetivo principal era maximizar la eficiencia en la utilización de los recursos naturales, reduciendo así la carga ambiental al disminuir la cantidad de residuos generados por la industria maderera en su línea de producción. A través del análisis de la biodegradación, se buscó comprender la acumulación de corteza en la empresa, observando el papel de los microorganismos para evaluar la eficacia del proceso de mineralización.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar los factores que influyen la descomposición de la corteza acumulada en NOVOPAN.

2.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los factores que influyen en la descomposición de corteza mediante información bibliográfica y evaluación de laboratorio.
- Distinguir los posibles componentes nutricionales presentes en la descomposición de la corteza de eucalipto.
- Socializar los resultados obtenidos después de analizar pruebas de laboratorio y datos estadísticos respectivos.

2.3 Hipótesis

H₀: La presencia de hongos no favorece la descomposición de los residuos orgánicos industriales de la empresa NOVOPAN.

H₁: La presencia de hongos favorece la descomposición de los residuos orgánicos industriales de la empresa NOVOPAN.

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Eucalipto

Fue introducido por primera vez en Ecuador en 1865 y se plantó ampliamente en la región de la sierra, a altitudes que oscilan entre 1800 y 3300 metros sobre el nivel del mar, según lo mencionado por Acosta (1949, p. 7). Desde su introducción, esta especie se ha empleado para diversos usos, incluyendo la obtención de leña, la fabricación de postes y madera para aserrado e industria. Una gran cantidad de plantaciones de esta especie se pueden encontrar a lo largo de la región de la sierra de Ecuador, en provincias como Pichincha, Latacunga e Imbabura.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, [FAO] (1981), se habían plantado alrededor de 17716 hectáreas de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) en Ecuador en el año de 1975, con casi la mitad de estas plantaciones establecidas por el Servicio Forestal Nacional y el resto de plantaciones son origen privado. En ese mismo año, se llevó a cabo un inventario de áreas forestales en el país, como se menciona en el artículo. Este inventario incluyó un análisis de especies como el pino, el eucalipto y otras. Los datos del inventario indican las áreas utilizadas para plantaciones, junto con información sobre la cantidad de especies y la edad de las plantaciones, organizadas a nivel municipal, cantonal y provincial (p. 77).

Actualmente esta especie es fácilmente reconocida y es abundante en todo el país debido a la gran cantidad de plantaciones que existen. Solamente NOVOPAN ha informado que posee alrededor de 7400 hectáreas de bosques de pino y eucalipto, como se indica en su sitio web. Es evidente que el eucalipto se ha convertido en una de las especies madereras más populares en Ecuador.

El uso del eucalipto abarca una amplia variedad de aplicaciones, que incluyen la producción de madera, la fabricación de pulpa y papel, la extracción de aceites esenciales y la ornamentación. El aceite esencial de eucalipto se emplea en la industria farmacéutica y cosmética, además de ser utilizado como tratamiento alternativo para afecciones respiratorias y para mejorar la salud del sistema respiratorio, como se menciona en el artículo de Guillermo y Cruz (2021).

En lo que respecta a su impacto ambiental, el eucalipto es considerado una especie invasora en algunas regiones del mundo y, si no se maneja adecuadamente, puede desplazar la vegetación nativa y reducir la biodiversidad local.

3.1.1 Generalidades y descripción taxonómica

La especie *Eucalyptus globulus* Labill, una de las primeras en ser ampliamente descrita y conocida dentro del género *Eucalyptus*, se conoce comúnmente en el país como eucalipto. Pertenece al reino Plantae, a la familia Myrtaceae y al género *Eucalyptus*. Este género abarca casi 600 especies, que van desde arbustos hasta árboles de gran tamaño con usos comerciales, como se menciona en el artículo de Murta et al., (2020), que trata sobre las características dendrométricas de esta especie en particular.

Dentro de la región australiana, que abarca Australia, Filipinas, Nueva Guinea y algunas islas cercanas, se reconoce como el área de origen del género *Eucalyptus*. Según Murta et al. (2020). En la actualidad, las especies de este género se encuentran distribuidas en gran parte del mundo, y entre las especies más utilizadas se incluyen *E. grandis*, *E. saligna*, *E. regnans*, *E. viminalis*, *E. camaldulensis* y por supuesto *E. globulus*.

El género *Eucalyptus* es un grupo diverso de árboles y arbustos perteneciente a la familia Myrtaceae, compuesto por más de 700 especies, la mayoría de las cuales son nativas de Australia, aunque también se encuentran en Nueva Guinea, Indonesia y algunas islas del Pacífico. La mayoría de estas especies son árboles de madera dura con una gran cantidad de celulosa y un crecimiento rápido, lo que los convierte en preferidos para su uso en la industria maderera.

Los eucaliptos se caracterizan por sus hojas largas y estrechas, que suelen contener aceites esenciales en cantidades significativas. Las hojas se disponen de manera opuesta en el tallo, y los árboles presentan una corteza característica que puede ser lisa, fibrosa o rugosa, dependiendo de la especie.

Las flores de los eucaliptos se agrupan en inflorescencias axilares o terminales y pueden ser solitarias o estar agrupadas en racimos. Son hermafroditas, con cinco sépalos y cinco pétalos blancos, y numerosos estambres. Las especies de eucalipto varían en tamaño, desde arbustos pequeños hasta árboles altos y robustos. Muchas de estas especies tienen un crecimiento rápido y

se utilizan ampliamente en la producción de madera, pulpa y papel, así como en la extracción de aceites esenciales (Mollocondo y Aguilar, 2019).

La taxonomía del género *Eucalyptus* ha sido tema de debate y cambio a lo largo de los años. Actualmente, se acepta que el género se divide en siete subgéneros, cada uno de los cuales puede tener un número variable de secciones. Algunas de las secciones más importantes incluyen *Symphomyrtus*, *Latoangulatae* y *Maidenaria*. La clasificación taxonómica de las especies de eucalipto se basa en la morfología, la biología reproductiva y la genética molecular (Mollocondo y Aguilar, 2019).

3.1.2 Usos del eucalipto

Es una especie arbórea con una alta demanda en el mercado debido a su versatilidad. Suele utilizarse a nivel industrial en la fabricación de papel, tableros de partículas y madera para aserradero. Además, como se menciona en la tesis de Mollocondo y Aguilar (2019), esta especie se emplea en reforestación y la captura de carbono, gracias a su rápido crecimiento y su alta concentración de carbono en forma de celulosa.

La presencia de plantaciones de eucalipto alivia parte de la presión que recae sobre los bosques primarios, ya que se utiliza en lugar de estos para obtener madera. Además, más allá del sector altamente industrializado, el eucalipto es comúnmente utilizado como leña, varas y material de construcción.

3.1.3 Aprovechamiento forestal

El aprovechamiento de las plantaciones de eucalipto es de gran importancia económica tanto para la industria como para la exportación de productos madereros. Esta especie es ampliamente utilizada en reforestaciones con fines de producción, protección y en sistemas agroforestales, gracias a su rápido crecimiento y su capacidad de rebrote. Estas características ventajosas fueron mencionadas por Valenzuela, Rodríguez, Cuasquer y Ramírez en su artículo publicado en 2022, titulado "Aprovechamiento forestal en la parroquia García Moreno de la provincia de Imbabura, período 2015-2019"

El aprovechamiento forestal del eucalipto se refiere a la explotación y utilización de esta especie de árbol con fines comerciales y productivos, aliviando así la presión sobre los bosques nativos y contribuyendo a la sustentabilidad de la industria maderera. Debido a estos beneficios, el eucalipto es altamente valorado en la industria.

El aprovechamiento del eucalipto puede llevarse a cabo con diversos propósitos, como la producción de madera aserrada, la obtención de pulpa para la fabricación de papel, la producción de celulosa, la fabricación de tableros, la captura de carbono atmosférico y la obtención de otros productos derivados.

Para llevar a cabo el aprovechamiento forestal del eucalipto de manera sostenible, Enciso y González (2020) subrayan la importancia de implementar prácticas de manejo forestal responsable que fomenten la regeneración natural del bosque y la preservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Además, es crucial tener en cuenta los impactos sociales y económicos que pueden surgir a raíz de la explotación del eucalipto, especialmente en las comunidades locales y las poblaciones indígenas que dependen de los recursos forestales para su subsistencia.

En muchos países, existen regulaciones y políticas forestales destinadas a fomentar el manejo forestal sostenible y asegurar que la explotación del eucalipto y otras especies forestales se realice de manera responsable y sostenible. Es de vital importancia cumplir con estas regulaciones y buscar la asesoría de expertos en manejo forestal a fin de garantizar una explotación forestal responsable y sostenible del eucalipto.

3.1.4 Relevancia Ecológica

Dado que el eucalipto no es una planta nativa del país, se mantiene un constante debate sobre la importancia de sus bosques y si los ecosistemas creados por estos bosques tienen algún valor en la conservación de las especies nativas de la región y sus ecosistemas. El género *Eucalyptus*, debido a la capacidad alelopática de sus hojas en algunas especies, se considera que puede tener un efecto negativo en otras plantas, al mitigar o desfavorecer su desarrollo, como menciona Anaya (2023, p. 7). Por otro lado, al ser una especie arbórea, se le puede atribuir beneficios en los ciclos hídricos, de nutrientes y en la retención del suelo, como argumentan Rodríguez et al., (2021, p. 6). Este debate destaca la necesidad de comprender en profundidad los impactos del eucalipto en los ecosistemas y la biodiversidad local antes de tomar decisiones en

materia de manejo y conservación. En lo que respecta a sus efectos sobre la fauna, los resultados son bastante variados y dependen del estudio en particular.

En algunos casos, se observa una mayor riqueza de especies en los bosques de eucalipto, mientras que en otros estudios la riqueza de especies no es muy alta. Las creencias populares a menudo presentan a esta planta exótica de rápido crecimiento como una amenaza que no tiene competencia en los ecosistemas del país y que impide el desarrollo de especies nativas. Sin embargo, en realidad, al igual que cualquier monocultivo, el eucalipto es susceptible a plagas (Mola, Sopena y Torre, 2018).

Con respecto a la acusación frecuente de que el eucalipto empobrece los suelos y provoca la erosión, es importante considerar que las plantaciones de eucalipto están destinadas al aprovechamiento forestal, y al igual que cualquier otro cultivo, la cosecha repetida puede agotar la fertilidad del suelo, ya que, al igual que cualquier cultivo, extrae nutrientes del suelo. Gran parte del deterioro del suelo en las plantaciones de eucalipto se debe a la cosecha, ya sea mediante el uso de maquinaria o simplemente por la remoción de la madera, lo que puede afectar la calidad del suelo en el área de plantación como menciona Valladares y Galicia (2020 p.36-37) en su artículo sobre el manejo forestal y sus impactos sobre el suelo. El manejo sostenible de estas plantaciones debe abordar estos problemas para minimizar su impacto ambiental.

La relevancia ecológica del eucalipto es motivo de controversia entre expertos y ambientalistas, principalmente porque es una especie exótica, es decir, no es originaria de muchos países donde se ha introducido y cultivado. Esto plantea preocupaciones sobre posibles impactos negativos en la biodiversidad y los ecosistemas nativos. Figueroa y Bladimir (2023) describen las posibles afecciones que esta especie puede tener sobre los suelos, lo que subraya la importancia de abordar cuidadosamente la introducción y el cultivo de especies exóticas para minimizar los efectos perjudiciales en los ecosistemas locales.

Mollocondo y Aguilar (2019) mencionan la facilidad de adaptación que tiene el género *Eucalyptus* a una amplia variedad de ecosistemas, pero también señalan que es criticado, principalmente debido a que es una especie competitiva y resistente. Esto le permite establecerse y desplazar a especies nativas, lo que puede resultar en una reducción de la biodiversidad en los ecosistemas donde se introduce.

Además, el eucalipto es acusado de tener un alto consumo de agua, lo que podría afectar la disponibilidad de agua para otros usos y actividades humanas, especialmente en zonas áridas y semiáridas. Estos aspectos resaltan la importancia de considerar cuidadosamente las implicaciones ecológicas y ambientales antes de introducir o cultivar el eucalipto en diferentes regiones.

Por otro lado, algunos expertos señalan que el eucalipto puede tener cierta relevancia ecológica en ciertos contextos, como en la protección de cuencas hidrográficas, la prevención de la erosión del suelo, la generación de biomasa para la producción de energía renovable y la absorción de dióxido de carbono de la atmósfera.

En general, la relevancia ecológica del eucalipto depende del contexto en el que se utilice y de las prácticas de manejo forestal que se implementen para garantizar su uso sostenible y responsable. Es importante evaluar cuidadosamente los impactos ambientales del cultivo de eucalipto y considerar alternativas y soluciones para minimizar los posibles impactos negativos en la biodiversidad y los ecosistemas. La gestión adecuada de estas plantaciones puede ayudar a equilibrar los posibles beneficios y desafíos ambientales asociados con el eucalipto.

3.2 Características de la Corteza

En los árboles de eucalipto, la corteza varía entre las diferentes variedades, por lo que su descripción es esencial para diferenciarlas de otras especies. Para llevar a cabo esta distinción, es importante tener en cuenta que la corteza no es uniforme en todo el árbol, particularmente en las ramas jóvenes y en la parte del tronco cercana al suelo. En un árbol maduro, la corteza se presenta de forma lisa en las ramas jóvenes, mientras que, en la parte inferior del tronco, el ritidoma se vuelve persistente y surcado (Muñoz, Ballerini y Gacitua, 2013).

Cuando se observan estas diferencias en la corteza de un mismo árbol, no se pueden utilizar para la identificación de una especie. Sin embargo, el resto del tronco del árbol generalmente contiene corteza más uniforme y, según Muñoz et al., (2013) esta es la parte utilizada para diferenciar entre variedades de eucalipto. La corteza puede clasificarse en dos tipos: caduca y persistente.

La corteza caduca se caracteriza por desprenderse cuando sus capas se renuevan. En la variedad *E. globulus*, esta corteza se desprende en tiras de gran tamaño. Lo mismo ocurre en las

variedades *E. camaldulensis* y *E. saligna*, donde la corteza se despega en láminas bastante anchas. La corteza caduca no tiene un color definido, y su estructura en la superficie es difícil de diferenciar, ya que se mezclan con cortezas de diferentes edades, según lo estipulado por Muñoz et al., (2013).

Por lo general, cuando se puede distinguir, las placas más jóvenes son más brillantes, delgadas y tienen colores relativamente vivos, mientras que las placas de corteza vieja son menos lisas y de colores opacos o grises.

La corteza persistente es aquella que se encuentra cuando la capa subero-felodérmica no se renueva a profundidad o cuando, por alguna razón, las partes externas del ritidoma no se desprenden del árbol. Con el paso del tiempo, la corteza superficial se oxida, se oscurece y pierde sus características distintivas, tal como se menciona Muñoz et al., (2013). Las características para su reconocimiento se encuentran únicamente en la corteza madura, excluyendo la corteza que se encuentra en la base del tronco.

La corteza del eucalipto es, como indicado por Aldape (2020) en su tesis titulada "Componentes químicos de madera y corteza de *Eucalyptus*", una de las características más distintivas de esta especie de árbol. A continuación, se describen algunas de las características de la corteza del eucalipto:

Textura: La corteza del eucalipto es áspera y gruesa, con una textura fibrosa y escamosa.

Color: El color de la corteza del eucalipto varía según la especie y la edad del árbol, pero generalmente es grisáceo o marrón.

Espesor: La corteza del eucalipto es relativamente gruesa en comparación con otras especies de árboles.

Aroma: La corteza del eucalipto tiene un aroma distintivo, que varía según la especie y puede ser utilizado en la producción de aceites esenciales y productos aromáticos.

Propiedades físicas: La corteza del eucalipto es resistente y duradera, lo que la hace ideal para su uso en la producción de papel, madera aserrada y otros productos forestales.

La corteza del eucalipto es una característica única y distintiva de esta especie de árbol, con propiedades físicas que la hacen valiosa para usos comerciales y productivos. Su textura, color, espesor y aroma la hacen fácilmente reconocible y versátil en aplicaciones industriales.

3.3 Manejo de Residuos Orgánicos

El manejo responsable de los diferentes residuos es de vital importancia para el desarrollo, ya sea de comunidades o empresas. Un residuo se define como la parte sobrante de una materia prima después de pasar por un proceso, mientras que el manejo se refiere a las medidas que se deben implementar para mitigar o reducir el espacio o daño que el sobrante pueda ocasionar. Normalmente, se busca la degradación, ya sea a través de métodos físicos, químicos o biológicos, y el proceso a utilizar se define según las características del residuo (Álvarez et al., 2019).

El manejo de residuos orgánicos según Álvarez et al., (2019), es una práctica importante para reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos o rellenos sanitarios y minimizar el impacto ambiental de la acumulación de residuos en la naturaleza. Algunas estrategias para el manejo de residuos orgánicos incluyen:

Compostaje: Es una técnica que permite la descomposición aeróbica de materiales orgánicos, como restos de comida, hojas y ramas, para producir compost, un abono orgánico rico en nutrientes que puede utilizarse para fertilizar el suelo y mejorar la salud de las plantas.

Vermicompostaje: Es una variante del compostaje que utiliza lombrices para descomponer los residuos orgánicos y producir compost. Este método es especialmente útil para hogares y pequeñas empresas.

Digestión anaerobia: Es un proceso que utiliza microorganismos para descomponer los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno, produciendo biogás y compost. Esta técnica es especialmente útil para tratar grandes cantidades de residuos orgánicos, como en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Reciclaje de residuos orgánicos: Los residuos orgánicos también pueden ser utilizados para la producción de energía renovable, como biocombustibles o biogás.

Según Alcaraz, (2016) la mineralización de derivados orgánicos a menudo depende de las actividades biológicas de los microorganismos presentes, ya que estos determinan en gran medida la eficiencia del proceso. Entre los microorganismos más influyentes se encuentran las bacterias y hongos, que son los principales consumidores de materia orgánica en el suelo. Con el fin de reducir el tiempo de degradación y mejorar el manejo de residuos, es esencial comprender los procesos que influyen en la eficiencia de la biodegradación. Esto implica conocer cómo los microorganismos descomponen los residuos orgánicos y cómo se pueden favorecer condiciones que aceleren este proceso, como la temperatura, la humedad y la oxigenación del sustrato.

3.3.1 Influencia de los Residuos del Eucalipto en la Estructura de Comunidades Microbianas y Materia Orgánica en el Suelo.

De acuerdo con Valladares y Galicia (2020), el suelo se convierte en el hábitat idóneo para la proliferación de una amplia gama de microorganismos, tales como bacterias, hongos, algas y protozoarios. Dependiendo del entorno, es posible encontrar concentraciones relativamente elevadas de ciertas categorías de gran relevancia, como las Gram negativas y los actinomicetos. A pesar de su incapacidad para utilizar compuestos húmicos, estos microorganismos demuestran un notable crecimiento en sustratos compuestos por mantillo vegetal, restos de animales fallecidos y excrementos de animales. Indudablemente, los suelos pueden albergar una diversidad de microhábitats que propician el florecimiento de poblaciones de microorganismos de interés.

Tal como Arequipa (2021), menciona los actinomicetos, que son bacterias Gram positivas aerobias y se comportan como micelios ramificados, tienen el potencial de degradar restos animales y vegetales, así como en algunos casos polímeros complejos e hidrocarburos. Las cantidades y tipos de actinomicetos dependen de la disponibilidad de nutrientes y oxígeno. Estas bacterias juegan un papel importante en la salud del suelo y son fundamentales para mantenerlo en buen estado.

Otro grupo de organismos aerobios que contribuyen a los procesos de descomposición son los hongos. De acuerdo a Valladares y Galicia (2020), algunos de estos hongos son depredadores de protozoos o nematodos, lo que limita la población de estos organismos en el suelo y ayuda a prevenir enfermedades. Además, existen hongos que actúan como microparásitos que atacan a

otras especies de hongos, lo que también puede tener un impacto en la estructura de las poblaciones en el suelo.

Las algas, por otro lado, se encuentran en pequeñas cantidades en el suelo y generalmente no contribuyen de manera significativa a la fertilidad del mismo, excepto en ecosistemas acuáticos como los arrozales, donde las cianobacterias pueden fijar grandes cantidades de nitrógeno, como mencionan Pascual y Venegas (2015). En general, las algas no desempeñan un papel destacado en la fertilidad del suelo en la mayoría de los ecosistemas terrestres.

Masaquiza (2023) menciona en su tesis que los protozoos, aunque poco importantes en cuanto a número e impacto en las transformaciones bioquímicas dentro del suelo, desempeñan un papel vital como consumidores de bacterias. Actúan como reguladores de la cadena trófica al controlar el tamaño y la composición de la población de bacterias en el suelo (p.6). A pesar de su baja abundancia numérica, su función como depredadores de bacterias tiene un impacto significativo en la dinámica de los microorganismos del suelo y en la regulación de las poblaciones de otros organismos en el ecosistema del suelo.

Los microorganismos desempeñan un papel esencial en las transformaciones del suelo, ya que son responsables de cambios geoquímicos y de la liberación de nutrientes al suelo a través de la transformación de grandes cantidades de materia orgánica. Algunos microorganismos son especializados y pueden llevar a cabo transformaciones únicas en el ciclo de nutrientes. Por ejemplo, pueden capturar nitrógeno de la atmósfera o degradar material orgánico o mineral en el suelo. Esta diversidad de funciones microbianas es fundamental para mantener la salud y la fertilidad del suelo y para el ciclo de nutrientes en los ecosistemas, como explica en el estudio de Masaquiza (2023) en su comparación de microorganismos en plantaciones forestales y bosque nativo.

Espinoza (2022) en su estudio del efecto de bosque de eucalipto en la calidad del suelo menciona que la descomposición de los residuos de eucalipto en el suelo también puede aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo, lo que puede mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad para retener agua y nutrientes. La adición de residuos de eucalipto al suelo también puede aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, como nitrógeno y fósforo.

Sin embargo, Espinoza (2022) en el mismo artículo enfatiza la importancia de tener en cuenta que la adición excesiva de residuos en especial frescos de eucalipto al suelo puede tener efectos negativos, como la acidificación del suelo y la reducción de la actividad microbiana. Además, la composición química de los residuos de eucalipto puede variar según la especie y las condiciones de crecimiento, lo que puede afectar su impacto en el suelo.

3.3.2 Descomposición de Residuos de Eucalipto

El ritmo en el cual los nutrientes son liberados en procesos de descomposición puede ser muy variado, ya que estos procesos son fácilmente influenciados por sus características químicas y físicas, como también la demanda heterotrófica de los organismos bio-degradadores, así como la localización y el grado de contacto con el suelo. Alcaraz en su tesis de doctorado, publicada en el 2016 (p.32) también explica como los residuos de eucalipto tienen dificultad para descomponerse debido a las características del género *Eucalyptus*.

Dentro de la descomposición de los residuos de eucalipto, la precipitación es un factor de gran relevancia según menciona Santamarina (2022). Se explica que hay una alta correlación entre la pérdida de biomasa de los residuos y la actividad fluvial. Por otro lado, el artículo escrito por Brandt, et al., (2010) menciona el efecto positivo de la radiación ultravioleta en la foto degradación de restos superficiales, señalando que esta actúa de forma independiente del resto de factores que afectan las tasas de descomposición biológica.

Estudios realizados en Uruguay con *Eucalyptus dunnii* por González et al., (2016) descubrieron una reducción en la biomasa en todos los diferentes componentes de los residuos de corteza, con diferencias significativas entre las tasas de descomposición con la excepción de ramas. Las cuales, según González et al., (2016) tuvieron una mayor tasa de descomposición con el 83% en 24 meses, al ser comparadas con la tasa de descomposición de la corteza de un 22% en 24 meses. También se mencionó que el material descompuesto puede ser de gran conveniencia para las características que determinan la fertilidad del suelo, tales como: oferta de nutrientes, contenido de materia orgánica, mejoramiento de características físicas y la disponibilidad de agua en el suelo.

La aceleración de los procesos de descomposición depende en gran medida del manejo de residuos que se realice. Existen varios tratamientos posibles, entre ellos: la quema, la eliminación

completa de los residuos del suelo y su distribución homogénea sobre la superficie de un terreno. En este proceso, una investigación realizada en España por Blanco (2002) con especies de pino (*Pinus pinaster*) explica que el enterramiento de los residuos es un factor más importante que la opción de añadir algún material adicional, como la urea, para ayudar con la descomposición al principio de las operaciones.

La descomposición de residuos orgánicos es un proceso natural que, según González et al., (2016) involucra la acción de microorganismos como bacterias y hongos, que descomponen la materia orgánica en el suelo y liberan nutrientes para las plantas. Este proceso es esencial para el ciclo de nutrientes en los ecosistemas y para mantener la calidad del suelo.

El proceso de descomposición de los residuos orgánicos comienza con la fragmentación de la materia orgánica por parte de organismos detritívoros, como lombrices y otros insectos. Luego, los microorganismos descomponedores, principalmente bacterias y hongos, descomponen los residuos orgánicos en compuestos más simples, como dióxido de carbono, agua y nutrientes inorgánicos, como nitrógeno y fósforo (Alcaraz 2016).

Dicho proceso de descomposición de los residuos orgánicos está influenciado por varios factores, como la temperatura, la humedad, la composición química del material orgánico, la presencia de oxígeno y la actividad microbiana. Por ejemplo, una temperatura más alta y una mayor humedad pueden acelerar la descomposición, mientras que la falta de oxígeno puede dar lugar a procesos de descomposición anaerobia. Además, los residuos orgánicos pueden ser descompuestos mediante técnicas de compostaje y vermicompostaje, en las que se manipula activamente la materia orgánica para acelerar el proceso de descomposición y producir un abono rico en nutrientes. Estas técnicas también pueden reducir la cantidad de residuos que van a parar a vertederos o rellenos sanitarios.

3.4 Mejorador de Suelos

La falta de calidad en un suelo puede deberse a diversas condiciones. Puede manifestarse en forma de compactación, exceso de arcilla, arenosidad extrema, agotamiento de nutrientes, acumulación de sales o variaciones significativas en el pH. A menudo, estas condiciones no se hacen evidentes hasta que se comienza a cavar para plantar nuevas especies o, en los casos más

graves, después de que ya ha transcurrido cierto tiempo desde la siembra. Según el artículo de Zazueta et al., (2021), los mejoradores de suelos se utilizan para prevenir estas situaciones, incorporando materiales tanto orgánicos como inorgánicos en el suelo.

Un mejorador de suelos, según Zazueta et al. (2021), es una sustancia o material que se añade al suelo con el propósito de mejorar su calidad y aumentar su fertilidad. Estos materiales pueden ser orgánicos o inorgánicos y se utilizan para remediar suelos degradados o empobrecidos, mejorando su capacidad de retener agua y nutrientes, lo que a su vez beneficia el crecimiento de las plantas.

Entre los materiales orgánicos utilizados como mejoradores de suelos se encuentran el compost, el estiércol, los restos de cosecha y otros residuos orgánicos. Según lo expresado por Tapia en su análisis del estiércol de caballo en 2021, estos materiales tienen la capacidad de retener agua y nutrientes de manera significativa y además, pueden mejorar la estructura del suelo al incorporar materia orgánica.

Por otro lado, Huaroc, Olivar y Omonte (2021) mencionan que entre los materiales inorgánicos utilizados como mejoradores o enmiendas de suelos se encuentran la perlita, la vermiculita, el humus de lombriz y la turba. Estos materiales son ricos en minerales y otros nutrientes, y tienen la capacidad de mejorar la estructura del suelo al aumentar la porosidad y facilitar la circulación de aire y agua.

Además de los materiales orgánicos e inorgánicos, también se pueden emplear microorganismos como mejoradores de suelos. Según Ochoa y Ochoa (2018), la inoculación del suelo con bacterias, hongos y otros microorganismos beneficiosos puede mejorar la calidad del suelo y aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Con el objetivo de mejorar las condiciones del suelo, se busca incrementar la aeración, la capacidad de retención de agua y nutrientes, así como mejorar la estructura del suelo al reducir la compactación y ajustar el pH. Estos suplementos se utilizan comúnmente para modificar las características del sustrato hasta alcanzar las óptimas o requeridas para un determinado cultivo. En términos generales, un buen suelo se define como aquel que contiene aproximadamente un 50%

de materia orgánica o inorgánica, un 25% de espacio para permitir una adecuada aireación y otro 25% de espacios para facilitar el movimiento de fluidos dentro del suelo (Zazueta et al., 2021).

Al utilizar diversos materiales para modificar el suelo con el propósito de mejorar sus características físicas, ya sea reduciendo la compactación o mejorando su aireación, se facilita el movimiento del agua y los nutrientes a través del suelo. Algunas enmiendas del suelo también añaden nutrientes al sustrato y ayudan a retener la humedad (Huaroc, et al., 2021).

3.4.1 Mejoradores de Origen Orgánico

Los mejoradores de suelo de origen orgánico son materiales naturales de origen vegetal o animal que desempeñan un papel fundamental en la mejora de la calidad del suelo y en el aumento de su fertilidad. Estos materiales contienen nutrientes y materia orgánica esenciales para el crecimiento de las plantas, y además, contribuyen significativamente a la mejora de la estructura del suelo y a su capacidad de retención de agua.

Tapia (2021) destaca diversos ejemplos de mejoradores de suelo de origen orgánico que desempeñan un papel fundamental en la mejora de las características del suelo y en el apoyo al crecimiento de las plantas. Estos ejemplos incluyen:

Turba de Sphagnum: Absorbe agua y la libera lentamente para las raíces de las plantas, aligerando los suelos arcillosos y mejorando la aireación, mientras previene la pérdida de nutrientes en los suelos arenosos.

Humus: Compuesto por materia orgánica descompuesta, mejora la fertilidad del suelo, su aireación y la retención de humedad.

Compost de hongos: Una mezcla de paja, turba y otros componentes orgánicos utilizada en la producción comercial de hongos y como enmienda para el suelo.

Tierra vegetal: Compost comercialmente producido, parcialmente descompuesto, que debe mezclarse con la tierra debido a su textura rugosa.

Compost: Creado a partir de la descomposición de restos vegetales y animales, es rico en nutrientes y microorganismos beneficiosos para las plantas. Se utiliza para mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de agua y nutrientes, y favorecer el crecimiento de las plantas.

Estiércol: Otro material orgánico comúnmente utilizado como mejorador de suelos, contiene nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, y mejora la estructura del suelo al aportar materia orgánica. Sin embargo, se debe tener cuidado al utilizar estiércol fresco debido a la posible presencia de patógenos.

Restos de cosecha: Hojas, ramas y tallos son útiles como mejoradores de suelos, ya que contienen nutrientes y materia orgánica que mejoran la calidad del suelo y brindan un hábitat para microorganismos beneficiosos.

Harina de huesos: Utilizada como fuente de fósforo para las plantas, contiene aproximadamente un 20% de fósforo y otros nutrientes, y se emplea como fertilizante orgánico.

3.4.2 Mejoradores Inorgánicos del Suelo

Los mejoradores de suelo inorgánicos son materiales que no tienen su origen en organismos vivos y se emplean con el propósito de mejorar la calidad del suelo y aumentar su fertilidad. Estos materiales pueden abarcar minerales, rocas, arcillas y otros compuestos químicos que tienen la capacidad de mejorar tanto la estructura como la composición del suelo.

Según Huaroc, et al., (2021), existen diversos ejemplos de mejoradores de suelo inorgánicos, que incluyen:

Perlita: Este mineral inorgánico se utiliza para mejorar la estructura del suelo al crear poros al expandirse al calentarse, lo que aumenta la capacidad del suelo para retener agua y aire.

Vermiculita: Otro material inorgánico que se expande al calentarse, creando poros en el suelo, mejorando su capacidad para retener agua y nutrientes.

Materiales ricos en nutrientes:

Humus de lombriz antiguo: Aunque de origen orgánico, este producto se considera un mejorador de suelos inorgánico, ya que es el resultado de la digestión de materia orgánica por las lombrices de tierra, dejando los nutrientes en sus formas mineralizadas.

Minerales y compuestos químicos:

Zeolita: Mineral que retiene agua y nutrientes en sus estructuras porosas, mejorando la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes.

Cal: Aumenta el pH del suelo, reduciendo su acidez.

Azufre: Reduce el pH del suelo, aumentando su acidez.

Yeso: Mejora la aireación del suelo compactado y facilita un drenaje eficiente.

Arena gruesa: Puede mejorar el drenaje del suelo."

3.4.3 Usos de los Mejoradores de Suelo

Como un acondicionador del suelo inducido en la tierra

Los acondicionadores del suelo según Hossain et al., (2020) en su artículo titulado en inglés "Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant" son materiales que se aplican al suelo para mejorar su calidad y aumentar su fertilidad. Lo que lo diferencia de otros mejoradores de suelo es que son inducidos en la tierra y son producidos directamente en el suelo a través de procesos biológicos y químicos naturales. Por ejemplo, el acondicionador de suelo que mencionan biochar o carbón vegetal; el cual es producido a partir de la quema controlada de materia orgánica, ofrece beneficios significativos al suelo, como la retención de agua y nutrientes, además de promover la actividad microbiana en el suelo.

Como manta en la superficie del suelo

Se puede utilizar una gama más amplia de materiales, dado que existe menos contacto con el suelo en comparación con la excavación. Como regla general, cuanto más grueso es el material, más tiempo tardará en descomponerse. Castro (2023) menciona varios ejemplos de estos materiales incluyen corteza, astillas de madera y desechos de madera triturados. Aparte los

ejemplos previamente mencionados son materiales útiles para el control de malezas, como mantillo, o para aplicaciones en la superficie como parte de la jardinería sin necesidad de excavación.

Una manta en la superficie del suelo, como señala Castro (2023), es un material que se coloca sobre el suelo para protegerlo de la erosión, la pérdida de agua y la compactación. Según lo mencionado en el sitio web de Ecología (2019), estas mantas pueden ser de origen orgánico o inorgánico y tienen diversos propósitos según su tipo. Algunos ejemplos de mantas en la superficie del suelo incluyen:

Mantas de paja o heno: Utilizadas para cubrir el suelo y protegerlo de la erosión, pérdida de agua y compactación. Además, pueden proporcionar nutrientes adicionales al suelo a medida que se descomponen.

Mantas de tela o plástico: Se emplean para proteger el suelo de la erosión y pérdida de agua, además de crear un ambiente cálido y húmedo para semillas y plántulas.

Mantas de enmiendas orgánicas: Utilizadas para mejorar la calidad del suelo y aumentar su fertilidad, estas mantas pueden contener enmiendas orgánicas como compost, estiércol o abono verde.

Mantas de mulching: Sirven para cubrir el suelo y protegerlo de la erosión y pérdida de agua, y pueden contener diferentes tipos de mulch, como virutas de madera, corteza o piedras.

Los materiales mencionados anteriormente se utilizan con diversos propósitos, tales como la prevención de la erosión, el aumento de la fertilidad del suelo o la creación de un ambiente propicio para el crecimiento de semillas y plántulas.

3.4.4 Fertilizantes y Mejoradores de Suelo

Es posible argumentar que los mejoradores de suelo representan una subcategoría de fertilizantes, especialmente cuando ambos comparten el objetivo de aumentar la fertilidad del suelo. Según la argumentación de Muñoz (2021), los mejoradores de suelo engloban todos los fertilizantes o materiales cuyo propósito es mejorar las características del suelo, creando

condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas. Este enfoque se centra en la liberación lenta y constante de nutrientes, al tiempo que se mantiene o mejora la estructura del suelo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO](2019) se refiere a los fertilizantes como productos naturales o químicos que son usados para proveer nutrientes a las plantas, usualmente mediante su aplicación al suelo, pero también a través de las hojas o mediante el agua en sistemas de arroz, fertiirrigación u operaciones de hidroponía o acuicultura. Por lo tanto, se consideran múltiples tipos y fuentes de nutrientes, que incluyen: fertilizantes químicos y minerales; fertilizantes orgánicos como estiércoles de ganado y compost; y fuentes de nutrientes reciclados como aguas residuales, lodos de alcantarillado, digestatos y otros residuos procesados. (p.6-7)

Los agricultores orgánicos suelen enfocarse en la mejora y adaptación del suelo a las necesidades de los cultivos que desean cultivar. Para lograrlo, emplean técnicas y suministros específicos. Según lo señala Tapia (2021), las enmiendas, por ejemplo, se utilizan para crear un ambiente enriquecido con humus, microorganismos y micronutrientes. Esto, a su vez, promueve un crecimiento profundo de las raíces, plantas resistentes a enfermedades y una abundante cosecha de frutas y verduras. El objetivo es mantener la fertilidad y la viabilidad a largo plazo del suelo, en lugar de buscar una estimulación directa como la que ofrecen los fertilizantes sintéticos para el desarrollo vegetativo.

Un mejorador de suelo es cualquier material, ya sea orgánico o inorgánico, que se utiliza para mejorar la condición del sustrato, especialmente en términos de textura, lo que permite un ambiente óptimo de humedad y aireación para las raíces de las plantas (Muñoz, 2021). Por ejemplo, puede ayudar a descompactar suelos arcillosos, mejorando el drenaje, o agregar enmiendas a suelos arenosos para retener nutrientes y agua, creando así un hábitat más propicio para los microorganismos.

Es importante tener en cuenta que productos como los abonos, el compost y las hojas también pueden considerarse fertilizantes de liberación lenta, ya que contienen muchos o todos los nutrientes que las plantas necesitan, especialmente cuando se utilizan en combinación (González et al., 2016). Los fertilizantes se emplean para suministrar nutrientes a las plantas, mientras que los mejoradores de suelo se utilizan para mejorar la calidad del suelo. Ambos productos

desempeñan un papel fundamental en la producción de cultivos saludables y productivos, y su uso adecuado puede contribuir a la salud del suelo y la sostenibilidad de la agricultura.

3.5 Características de la biomasa forestal

La biomasa forestal se refiere a la cantidad de productos forestales presentes en un espacio determinado, ya sea en términos de volumen o superficie. El concepto de biomasa se utiliza para estimar las posibles cantidades de un producto y para evaluar la eficiencia de las relaciones entre agua, suelo, planta y nutrientes en un ecosistema u organismos (Tolosana, 2021, p.653-654). En el contexto de los ecosistemas forestales, comprender la acumulación de biomasa es crucial para entender el reciclaje de nutrientes, la distribución de materia orgánica y los impactos de las intervenciones humanas en estos sistemas.

Como menciona Yantas (2022), la estimación del contenido de carbono en un ecosistema abarca la parte de la biomasa total que se encuentra en dicho ecosistema, generalmente asumiendo que constituye aproximadamente el 50% de esta biomasa. Los métodos más comunes para cuantificarlo utilizan relaciones entre la biomasa y medidas de fácil obtención, como el diámetro a la altura del pecho (DAP), pero las ecuaciones que incorporan una mayor cantidad de factores, como la altura y densidad, mejoran la precisión de los resultados. La mayoría de los estudios sobre biomasa se centran en la captura de carbono, algunos en la capacidad de los bosques, mientras que otros buscan estimar la cantidad actual de carbono en la masa vegetal.

Dentro del sistema actual de siembra, manejo y cosecha de eucalipto, se extrae biomasa, lo que potencialmente puede alterar el equilibrio nutricional y físico del suelo, así como sus características favorables y su potencial de productividad futura. Es importante señalar que, de acuerdo con estudios realizados en Uruguay (González et al., 2016), solo se aprovecha el 61% de la biomasa forestal. Este porcentaje se exporta en forma de trozas comerciales, mientras que el resto de la biomasa queda en el lugar de cosecha o se acumula en los patios de las fábricas, como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1

Acumulación de corteza en los patios de NOVOPAN



Nota: los residuos de corteza en la imagen son distribuidos sobre el suelo nativo, formando terrazas

En estudios realizados por González et al., (2005) con árboles de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii* de 10 años de edad, se encontró que aproximadamente el 77% y el 72% de la biomasa de estas especies forestales, respectivamente, se extrajo del sitio de cultivo, dejando el resto como residuos. En el caso específico de *Eucalyptus globulus*, la biomasa residual se distribuyó de la siguiente manera: un 12% de corteza, un 7% de ramas gruesas, un 2% de hojas y un 2% de ramas finas. Se descubrió que la mayoría de los nutrientes se encuentran en la corteza y las hojas. La corteza contenía un 26% de nitrógeno, un 33% de fósforo, un 48% de potasio, un 63% de calcio y un 48% de magnesio, mientras que en las hojas se encontraron un 23% de nitrógeno, un 15% de fósforo, un 6% de potasio, un 4% de calcio y un 3% de magnesio. Se observó una tendencia hacia la concentración de nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio en las partes superiores de la planta, mientras que el calcio tiende a acumularse en la corteza en la base de los árboles."

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

- Fluxómetro
- Palilla
- Bolsas plásticas
- **Agar (SABOURAUD):** un medio de cultivo especializado en el cultivo de hongos y bacterias filamentosas, fue especialmente seleccionado para esta práctica por ser perfecto para cultivar micelio.
- Tubos de ensayo
- Agua destilada
- Algodón
- R-Project
- Autoclave

4.2 Métodos

4.2.1 Evaluación de Biomasa

Para evaluar la biomasa que entra a la empresa NOVOPAN, se registraron datos en la entrada de la empresa. Se tomaron medidas de diámetro y longitud (DAP) de varios troncos de eucalipto con el propósito de estimar el volumen de corteza presente en los troncos. Para ello, se realizaron mediciones de diámetro y longitud en varios troncos con el fin de obtener un promedio de volumen (Rimarachín y Tuesta, 2017).

En el laboratorio, se pesaron rojas de troncos de aproximadamente 10 cm de altura y de un diámetro aproximado de 20 cm. Con estos datos, se calcularon las densidades de la corteza y la madera para su posterior comparación (Rimarachín y Tuesta, 2017). Para lo cual se usaron las siguientes ecuaciones:

$$Corteza\% = \frac{Corteza(g)}{Masa\ total(g)} * 100$$

$$Madera\% = \frac{Madera(g)}{Masa\ total(g)} * 100$$

$$Masa\ total = Madera(g) + Corteza(g)$$

$$Volumen\ total\ cm^3 = \pi hr^2$$

$$Madera\ (cm^3) = Volumen\ total - Corteza\ (cm^3)$$

$$Madera\ (cm^3) = \pi h \left(\frac{\text{diametro interno de la rolliza} - \text{capa de corteza}}{2} \right)^2$$

$$Corteza\ (cm^3) = Volumen\ total - Madera\ (cm^3)$$

h= la altura de la rolliza, en este caso para todos es 10 cm

r= el diámetro de cada rollizas dividido para 2.

4.2.2 Tratamiento de Corteza

La corteza de eucalipto es el producto resultante del pelado por golpeteo de los troncos en la maquinaria utilizada por NOVOPAN. Esta corteza recién retirada suele ser acumulada temporalmente en un área de almacenamiento antes de su posterior transporte hacia una zona designada como lugar de disposición final. En este caso, las colinas en la parte trasera de la empresa se utilizan como área de disposición final para la corteza.

Para iniciar el tratamiento antes de la descomposición, la corteza se sometió a un proceso de secado a una temperatura de 125 °C hasta alcanzar una humedad relativa del 20%. Una vez que la corteza estuvo completamente seca, se procedió a triturarla, obteniendo fragmentos de corteza seca listos para el proceso de descomposición. En este caso, la trituración de la corteza seca, en este pretratamiento, tiene como objetivo crear fragmentos que sean fácilmente manejables en el proceso de descomposición.

4.2.3 Toma de muestras de suelo

Se recolectaron un total de cuatro muestras compuestas de suelo: dos en el sitio de la cosecha de los árboles de eucalipto y dos en el área de disposición final de la corteza en las instalaciones de la empresa. Cada muestra compuesta en ambos lugares se obtuvo mediante la combinación de cinco muestras simples recogidas en áreas que mostraban visualmente características del proceso de descomposición. Las muestras se tomaron a una profundidad de 10 cm en la capa de crecimiento aeróbico de los microorganismos (Mendoza y Espinoza, 2017). Parte de estas muestras se utilizó para analizar tanto las propiedades físicas como químicas del suelo

La recolección de las muestras simples se llevó a cabo de manera aleatoria mediante un patrón de zigzag en el terreno, tomando distancias de 15 a 20 pasos entre cada muestra simple. Utilizando una pala pequeña, se excavó a una profundidad promedio de 10 cm, y el sustrato recopilado se depositó en un balde. Este proceso se repitió en cinco ocasiones para cada muestra simple. Luego, se mezclaron homogéneamente los sustratos recogidos en las cinco recolecciones y se tomó aproximadamente un kilogramo de sustrato para su análisis, que se colocó en una bolsa plástica (Mendoza y Espinoza, 2017). Este procedimiento se repitió cuatro veces, dos veces en el sitio de cosecha de los árboles de eucalipto y otras dos veces en las instalaciones de la empresa NOVOPAN, específicamente en el área de disposición final de la corteza.

4.2.4 Aislamiento de Microorganismos

Para aislar microorganismos, se pesaron 10 gramos de una de las muestras compuestas de suelo y se realizaron diluciones seriadas en agua destilada estéril. Se utilizaron 10 tubos de ensayo, cada uno contenía 9 ml de agua destilada previamente esterilizada. Como medio de cultivo se empleó agar Sabouraud por sus propiedades favorables al crecimiento de micelios, que se dispuso en 5 cajas Petri (9x10cm) de 20 ml también previamente esterilizadas.

Para el proceso de cultivo, en el laboratorio se añadió 1 ml de la dilución del sustrato de la muestra, asegurando que todo el proceso fuese alrededor de la llama de un mechero bunsen para mantener la zona de trabajo y los medios de cultivo libres de contaminación externa. El mechero mantiene un área estéril al crear una corriente de convección, que previene la caída de material

particulado. De esta manera manteniendo el área libre de contaminantes. Las cajas Petri ya cultivadas se colocaron en la incubadora por un día.

Se seleccionaron las cajas que mostraban un mejor crecimiento. Posteriormente, se recolectaron tres colonias para ser utilizadas en el proceso de descomposición. El aislamiento de las cepas de microorganismos se realizó nuevamente en cajas Petri, utilizando el mismo agar que se había empleado previamente. Se empleó el método de raspado superficial para cultivar cepas puras con el propósito de multiplicarlas. A lo largo de todo el proceso de aislamiento, a cada caja Petri se le asignó un código para su posterior almacenamiento.

4.2.5 Caracterización de las descomposiciones de la corteza

Con el objetivo de cuantificar la tasa de descomposición y la liberación de nutrientes de los restos de corteza ya descompuesta, se llevó a cabo un análisis de laboratorio. En cada uno de los tratamientos evaluados, se recogieron muestras de corteza descompuesta con pesos conocidos para su posterior análisis. Estas muestras se tomaron al final de cada mes hasta el quinto mes. Posteriormente, las muestras se llevaron al laboratorio, donde se procedió a secarlas y calcular la pérdida de biomasa.

El experimento comenzó cuando la corteza de eucalipto ya seca y triturada fue inoculada con microorganismos de cepas previamente aislados de las muestras de suelo. Las concentraciones se representaron por el tipo de microorganismo utilizado, lo que resultó en tres tipos de microorganismos y un testigo que no contenía microorganismos (T1, T2, T3, T4), donde T1 corresponde al testigo, el cual no se inoculó con agar. Luego, se realizaron un seguimiento y análisis mensuales de las muestras durante un período de 5 meses.

Figura 2

Tratamientos de retazos de corteza



Nota: los contenedores muestras a la corteza antes de ser inoculada con las colonias dentro de las cajas Petri.

4.2.6 Diseño Experimental

El análisis de datos se realizó mediante un diseño completamente al azar CxT. El cual se usó para evaluar el efecto de dos factores simultáneamente. donde cada repetición se llevó a cabo en contenedores similares a los que se muestran en la Figura 3.

Como variables independientes tenemos El factor C se refiere a la cantidad en ml de agar inoculado que se usa en la corteza de eucalipto:

C1=> 0 ml de agar

C2=> 20 ml de agar

C3=> 35 ml de agar

C4=> 50 ml de agar

y el factor T de tratamientos diferentes micelios de hongos presentes dentro del agar:

T1=> testigo (agar sin presencia de organismos)

T2=> genero *Lactarios*

, T3=> genero *Lentinus*

T4=> genero *Lycoperdon*

Para todas las repeticiones se comenzaron con 240 g de corteza previamente procesada.

Como variable dependiente se tomó el peso de cada repetición al final de cada mes, siendo la última medida tomada al final del quito mes. Ver anexos 6 a 10

Tabla 1

La tabla representa una de cuatro repeticiones necesarias para el diseño experimental ml(C) y Tratamientos(T)

	T1	T2	T3	T4
ml				
0 C1				
20 C2				
35 C3				
50 C4				

Nota: T1 al ser el testigo es el único tratamiento que no es inoculado por lo cual solo recibe agua.

Después se tomó los valores del quito mes, con el cual se volvió a pesar cada unidad experimenta para ser tabulada y analizada usando R Project 3.4.0 y Excel 1902 para su análisis. Principalmente se usó Excel para organizar los datos en tablas y R Project para hacer la evaluación estadística y gráficos de los resultados. Para lo cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para comprobar si hay diferencias significativas entre los factores C y T.

Tabla 2

ANOVA usado para verificar las diferencias entre los factores C y T

FV	Grados Lib.
Total	63
T	3
C	3
C x T	9
Error	48

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación de la Biomasa

La biomasa se midió mediante el peso de las rodajas de rollizas que ingresaron a la empresa. Para lo cual se cortó una sección para posteriormente ser pesada. La rodaja en su conjunto y luego se pesaron por separado la corteza y la madera. Este proceso se repitió durante una semana, para ser tabulados.

Tabla 3

Pesos, porcentajes y promedios de masa de rollizas de eucalipto

Día	Madera (g)	Corteza (g)	Masa Total (g)	Madera %	Corteza %
1	1804.72	290.49	2095.21	86.14	13.86
2	3049.97	323.11	3373.08	90.42	9.58
3	3445.96	578.59	4024.55	85.62	14.38
4	1374.57	276.92	1651.49	83.23	16.77
5	2367.91	218.01	2585.92	91.57	8.43
6	2006.96	374.45	2381.41	84.28	15.72
7	1346.08	114.75	1460.83	92.15	7.85
Promedio	2199.5	310.90	2510.36	87.63	12.37

La Tabla 3 muestra los promedios y porcentajes de la relación entre la madera y la corteza durante una semana de recolección de datos de rollizas de eucalipto.

Los datos de la Tabla 3 indican que, en promedio, la corteza representa el 12.37% de la biomasa total de una rolliza de eucalipto, mientras que la madera constituye el 87.63%. Al comparar estos resultados con las investigaciones previas de González et al., (2016, p.187), se observa que los valores difieren, ya que González obtuvo un 11.5% de corteza y un 77.5% de madera. Es importante señalar que los datos de González consideraron también ramas y hojas para un total de 22.5% de residuos de la cosecha, mientras que los resultados presentados en la Tabla 1 se centran únicamente en la relación de masa entre la corteza y la madera dentro de una rolliza.

Tabla 4

Porcentajes de volúmenes de rollizas con su relación de corteza a lo largo de una semana.

Día	Madera (cm ³)	Corteza (cm ³)	Volumen total (cm ³)	Madera %	Corteza %
1	3799.40	1185.66	4985.06	76.22	23.78
2	6420.99	1318.80	7739.79	82.96	17.04
3	7254.66	2361.59	9616.25	75.44	24.56
4	2893.82	1044.99	3938.81	73.47	26.53
5	4985.06	822.68	5807.74	85.83	14.17
6	4225.18	1413.00	5638.18	74.94	25.06
7	2833.85	433.01	3266.86	86.75	13.25
Promedio	4630.42	1225.68	5856.1	79.07	20.93

En la Tabla 4, específicamente en lo referente al volumen, se proporciona información crucial para determinar la cantidad de biomasa aprovechada en las rollizas de eucalipto. De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3, se revela que aproximadamente el 79.07% del volumen total está ocupado por madera, mientras que el 20.93% restante corresponde al volumen ocupado por la corteza dentro de las rollizas. Al contrastar estos hallazgos con los resultados obtenidos en la investigación de González et al. (2016), se evidencia una diferencia significativa en la proporción de corteza presente en términos de volumen.

5.2 Resultado de muestras de suelo NOVOPAN

Tabla 5

Características fisicoquímicas de las muestras de suelo de NOVOPAN

Muestra	pH	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	% M org	% C org	% N
		mol/L				ug/ml						
Em1	4.92	2.19	0.64	0.22	9	2	2	15	349	15.2	7.7	0.87
Em2	4.85	3.34	2.02	0.52	13	5	2	23	423	13.3	5.4	0.76

Nota: Materia orgánica (M org), Carbono orgánico (C org), (Em) se refiere a que la muestra fue tomada dentro de la empresa.

En la Tabla 5 se detallan los resultados obtenidos a partir de las muestras de suelo recolectadas en la empresa NOVOPAN (eurofins, 2021). Este análisis se centró en evaluar las propiedades químicas de las muestras compuestas de suelo, las cuales fueron seleccionadas específicamente para la extracción y el aislamiento de microorganismos. Los datos revelan que las

muestras tomadas en la empresa (Em), según se presenta en la Tabla 5, exhiben una notable concentración de materia orgánica, así como un pH que tiende a ser relativamente ácido. Este contraste en las propiedades del suelo se evidencia al comparar los resultados obtenidos con la investigación de Espinoza (2022), quien, en su tesis, realizó análisis en suelos de bosques de Eucaliptus globulus y Alnus glutinosa, los cuales presentaron niveles de pH más básicos, específicamente 7.97 y 8.07, respectivamente (páginas 56-57). Este hallazgo resalta las diferencias significativas en las características químicas del suelo entre distintos entornos, aportando perspectivas valiosas para entender la variabilidad en la composición del suelo en diferentes contextos ambientales.

Esta diferencia puede atribuirse a que las muestras de suelo fueron tomadas en el sitio de disposición final de NOVOPAN. (ver Anexo 5)

5.3 Biodegradación de la Corteza

Al final del primer mes, como se muestra en la Tabla 6 se comenzó a observar una reducción en el peso en los promedios de las muestras, lo que podría deberse a la evaporación del agua y, en menor medida, a la producción de metano y dióxido de carbono liberados por las actividades microbiológicas. En este contexto, las repeticiones del tratamiento T3 muestran un menor peso en comparación con el resto (ver tabla 9 donde se comparan los resultados mediante la prueba TUKEY).

Tabla 6

Pesos promedio en gramos de corteza inoculada al final del mes 1

	mes1			
	T1	T2	T3	T4
C				
1	236.84	237.30	233.10	237.88
C				
2	237.83	236.30	232.76	235.78
C				
3	236.81	236.43	234.56	236.77
C				
4	237.22	237.10	233.63	236.72

Nota: , para información más a detalle revisar anexo 6

Como se muestra en la Tabla 7, hacia el final del quinto mes, los pesos de las muestras comienzan a equilibrarse. En contraste con el grupo de control (T1), el tratamiento T4 muestra pocos cambios en comparación con los demás, lo que indica una tasa más lenta de descomposición. El tratamiento T3, por otro lado, desde el principio mostró un progreso más significativo (ver ANOVA, tabla 8) en comparación con los demás tratamientos, lo que sugiere una mayor actividad microbiana.

Tabla 7

Pesos en gramos de cortezas promedio al final del mes 5

	mes5			
	T1	T2	T3	T4
C				
1	231.17	232.21	229.43	231.93
C				
2	231.60	230.52	228.62	230.73
C				
3	230.88	230.70	229.22	231.67
C				
4	231.85	231.55	229.46	231.90

Nota: para más información revisar anexo10

Los datos presentados en las Tablas 6 y 7 muestran cambios relativamente pequeños en el peso de la corteza, pero no se observan cambios significativos en el volumen, o estos cambios no pudieron medirse con las herramientas disponibles.

5.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA con los pesos en gramos del mes 1 y otro ANOVA al final del mes 5. Cada uno con su respectiva prueba TUKEY, la cual fue realizada en el programa R-project.

El primer ANOVA (Tabla8) fue realizado con los valores del Anexo 6. En el ANOVA se puede observar que el P-value entre Tratamientos es de 2.65E-16 lo cual indica una gran diferencia entre valores. A diferencia del mes 5 el mes 1 presenta una mayor significancia. Lo que podría indicar una mayor actividad.

Tabla 8*ANOVA mes1*

FV	Grados Lib	Suma Cuadr	Cuadr Med	F	P-value	
Agar	3	3.49	1.16	1.494	0.228	
Tratamiento	3	140.62	46.87	60.272	2.65E-16	***
Agar * Tratamiento	9	18.21	2.02	2.601	0.0157	*
Error	48	37.33	0.78			
Total	63	199.65				

Se uso la función Shapiro-Wilk test en R-Project para evaluar la normalidad de los datos. En el mes 1 los datos tienen un p-value de 0.05967, lo cual es mayor a 0.05, indicando que los resultados del mes1 siguen una distribución normal. También se calculó el coeficiente de variación (CV) del primer mes donde se tiene un valor de 0.5878% lo cual sugiere que los datos son consistentes y estos no varían demasiado entre sí.

Tabla 9*ANOVA Mes5*

FV	Grados Lib	Suma Cuadr	Cuadr Med	F	P-value	
Agar	3	7.2	2.4	2.779	0.0511	
Tratamiento	3	57.87	19.291	22.339	3.38E-09	***
Agar * Tratamiento	9	9.42	1.047	1.212	0.3097	
Error	48	41.45	0.864			
Total	63	115.94				

Con los valores del Anexo 10 se realizó el análisis de la varianza con la ayuda del programa Excel y se usó R-Project para confirmar los resultados y realizar la prueba TUKEY. Se pudo observar en el ANOVA del mes 5 en la Tabla 10 que el valor de P-value entre tratamientos es de 3.38E-09 lo cual es menor a 0.05, con lo que se rechaza la hipótesis nula “La presencia de hongos no favorece la descomposición de los residuos orgánicos industriales de la empresa NOVOPAN.”

Ya que el valor de P-value es mucho menor que 0.05 esto marca que el tipo los tipos de tratamiento son diferentes entre ellos. De igual manera se calculó el CV del quito mes que nos dio un resultado de 0.7541% mostrando así la consistencia de los datos

Se realizo pruebas TUKEY por cada variable dentro del estudio, como se muestra en las siguientes figuras:

Tabla 10

TUKEY: Comparación entre cantidades de agar (Mes1)

Agar	Resultados (g)	Grupo
c1	236.2775	a
c4	236.1637	a
c3	236.1425	a
c2	235.6688	a

En la Tabla 10 se presentan los resultados de la prueba de Tukey, que compara las diferentes cantidades de agar utilizadas. Se observa que todas las muestras (C1, C2, C3 y C4) pertenecen al mismo grupo (a), lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de estas muestras en función de la cantidad de agar utilizado. Esto sugiere que la variación en la cantidad de agar no afecta significativamente los resultados obtenidos en las muestras.

Tabla 11

Tukey: comparación entre tratamiento usado (mes1)

Tratamiento	Resultados (g)	Grupo
t1	237.1744	a
t4	236.7869	a
t2	236.7806	a
t3	233.5106	b

En el mismo mes, la Tabla 11 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada para comparar los tratamientos. Se observa que los tratamientos T1, T4 y T2 pertenecen al mismo grupo (a) lo cual indica que no hay diferencias significativas entre sus medias. No obstante, el tratamiento

T3 está en el grupo (b), lo que indica que su media es estadísticamente diferente al resto de tratamientos. Lo cual sugiere que el tratamiento T3 tuvo un efecto positivo en la descomposición de la corteza al ser comparado con el resto de tratamientos.

Tabla 12

Tukey: Comparación entre cantidades de agar (mes5)

Agar	Resultado	Grupo
r	s (g)	o
c1	231.185	a
c4	231.0925	a
c3	230.4806	a
c2	230.4619	a

En la Tabla 12 se presentan los resultados de la prueba de Tukey del quinto mes, que compara las diferentes cantidades de agar utilizadas. Se observa que al igual que el primer mes las medias de agar pertenecen al mismo grupo (a), lo cual indica que los valores son estadísticamente similares. Esto puede indicar que la cantidad de agar empleada al principio del tratamiento no influye a lo largo del tiempo.

Tabla 13

Tukey: comparación entre tratamiento usado (mes5)

Tratamiento	Resultado	Grupo
o	s (g)	o
t4	231.5556	a
t1	231.3756	a
t2	231.1075	a
t3	229.1813	b

La Tabla 13 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada para comparar los tratamientos. Se observó que de igual manera que en el mes 1 las medias en el mes 5 de T1, T2 y T4 pertenecen al grupo (a), lo cual indica que son estadísticamente similares. Mientras el tratamiento T3 pertenece al grupo (b). esto indica que la degradación por los tratamientos se mantiene consistente a lo largo de los 5 meses del ensayo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Se cuantificó los factores físico-químicos que influyen en la descomposición con la ayuda de revisiones bibliográficas integralmente con métodos de laboratorio. Al analizar los factores se notaron cambios no significativos al comparar los resultados con los encontrados en la bibliografía, los valores encontrados en la biomasa de los factores de densidad y volumen, junto con su comparación bibliográfica presentan una clara imagen del aprovechamiento de madera y la generación de corteza como residuo. Los análisis de laboratorio de las muestras de suelo a nivel químico dan una clara idea de las condiciones en las cuales se desempeña los procesos de descomposición en estado natural y como estos pueden ser potenciados en un sistema controlado como un laboratorio o empresa.
- Durante la biodegradación, los microorganismos del suelo descomponen los residuos orgánicos, liberando nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos nutrientes son esenciales para el desarrollo y mantenimiento del suelo.
- En el análisis estadístico de los tratamientos, T3 (genero *Lentinus*) muestra diferencias significativas entre sus medias. Lo cual sugiere que los microorganismos pertenecientes al género *Lentinus* son favorables para la descomposición de la corteza mientras que la cantidad inicial de agar empleado no influye de manera significativa en el proceso de inoculación.
- La velocidad de descomposición puede variar según las características del residuo, como su contenido de lignina y celulosa, la temperatura y la humedad del suelo, la presencia de microorganismos y la actividad de los invertebrados del suelo. La inclusión un proceso controlado con la aplicación de microorganismos puede ayudar, pero no reduce considerablemente el tiempo de biodegradación.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Revisar la eficiencia de la maquinaria diseñada para el descortezamiento de la empresa para determinar el aprovechamiento de madera con relación a la corteza de las rollizas.
- Considerar la cantidad y calidad de los residuos de corteza producidos: La cantidad y calidad de los residuos de corteza producidos pueden variar según el sitio y la edad del bosque, así como las prácticas de manejo forestal. Es importante evaluar la cantidad y calidad de los residuos de corteza antes de decidir cómo manejarlos.
- Evaluar la velocidad de descomposición en función de densidad: los cambios de densidad pueden presentar una mejor perspectiva a los cambios físicos y químicos que puede presentar la corteza.
- Utilizar los residuos de corteza como fuente de nutrientes para las plantas: Los nutrientes liberados durante la biodegradación de residuos de corteza pueden ser utilizados por las plantas para su crecimiento. Es posible utilizar los residuos de corteza como fuente de nutrientes para las plantas mediante la aplicación directa al suelo.
- En general, es importante considerar la descomposición de residuos de corteza como parte del manejo forestal y evaluar la efectividad de las prácticas utilizadas para fomentar la descomposición y la liberación de nutrientes.

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Solís M. (1949). *Eucalipto en el Ecuador*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20449/1/13631%20EI%20eucalipto%20en%20el%20Ecuador.pdf> Repositorio Institucional Universidad de cuenca
- Alcaraz, M. L. (2016). *Liberación/mineralización de nitrógeno en hojarasca de Eucalyptus grandis y leguminosas herbáceas, su relación con la calidad física y química del residuo y su efecto sobre el crecimiento de plantas jóvenes de eucalipto*.
<https://doi.org/10.35537/10915/51559>
- Aldape García, R. (2020). *Componentes químicos de madera y corteza de Eucalyptus cinerea F. Muell. ex Benth*.
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7942
- Álvarez, Yaneth, Olate y Diczon, (2019). *Estrategia pedagógica para el manejo de residuos orgánicos alimenticios en la escuela nacional de Carabineros “Alfonso López Pumarejo” del Municipio de Facatativá*.
<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/9864>
- Anaya, A. (2023). *Efecto del compostaje sobre la capacidad alelopática de hojarasca de Eucalyptus globulus var. compacta utilizando como indicador el cultivo de Lactuca sativa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/3083>
- Arequipa, P. (2021). *Detección de grupos funcionales (actinomicetos, bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos) asociados a la rizosfera del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en la parroquia de Belisario Quevedo sector Illuchi- Cotopaxi- Latacunga.2021*.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10687>
- Blanco, A. (2002). *Incorporación de residuos astillosos al suelo: análisis de su evolución y consecuencias sobre el medio edáfico en los suelos de rañas de los montes de Toledo*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 2: 135-149.
<https://doi.org/10.5424/505>
- Brandt, L. A., King, J. Y., Hobbie, S. E., Milchunas, D. G., y Sinsabaugh, R. L. (2010). *The role of photodegradation in surface litter decomposition across a grassland ecosystem*

- precipitation gradient. Ecosystems*, 13(5), 765-781. <https://doi.org/10.1007/s10021-010-9353-2>
- Castro Muñoz, C. P. C. (2023). *Efecto de Residuos Agrícolas como Cobertura Orgánica Sobre los Parámetros Físicos del Sustrato, Incidencia de Maleza y Crecimiento Vegetativo del Híbrido *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* (OxG) a Nivel de Vivero*.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6603>
- Decología (Ed.). (2019). *Mejoradores De Suelo: Definición, Tipos, Usos, Beneficios y Más*.
<https://decologia.info/medio-ambiente/mejoradores-de-suelo/>.
- Enciso y Gonzalez. (2020). *Relatorio del estudio de impacto ambiental*.
https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2021/03/2475_RIMA_reforestacion_2020.pdf
- Espinoza Valenzuela, K. E. (2022). *Efecto del bosque de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y Aliso (*Alnus glutinosa*) en la calidad del suelo: Jesus-Lauricocha 2021*.
<https://hdl.handle.net/20.500.13080/8393>
- Eurofins (2021). *Análisis físicoquímico suelo NOVOPAN* <https://eurofins-agro.com.ec/>
- Figuerola, P., y Bladimir, A. (2023). *Determinación de la afectación de los suelos colindantes a plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus radiata*) mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo en la Comunidad de Pesillo, cantón Cayambe*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24423>
- González, A., Hernández, J., y del Pino, A. (2016). *Extracción y reciclaje de elementos nutritivos por cosecha de *Eucalyptus globulus* en Uruguay. Bosque (Valdivia)*, 37(1), 179-190. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002016000100017
- González, J. G. Á., Murias, M. A. B., García, A. M., y Soalleiro, R. R. (2005). *Estimación de la biomasa arbórea de " *Eucalyptus globulus*" y " *Pinus pinaster*" en Galicia. Recursos rurales: revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)*, (1), 21-30.
- Granados-Sánchez, D., y López-Ríos, G. F.. (2007). *FITOGEOGRAFÍA Y ECOLOGÍA DEL GÉNERO *Eucalyptus**. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 13(2),

- 143-156., de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182007000200143&lng=es&tlng=es.
- Guillermo, y Cruz. (2021). *El eucalipto utilizado como alternativa de tratamiento para afecciones respiratorias en la población de Barranca*. Vive Revista de Investigación en Salud. <http://www.scielo.org.bo/pdf/vrs/v5n13/a8-98-109.pdf>
- Hernández, A. (2012). *El uso de eucaliptos en reforestaciones*. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/09/El-uso-de-eucaliptos-en-reforestaciones.pdf>
- Hossain, M. Z., Bahar, M. M., Sarkar, B., Donne, S. W., Ok, Y. S., Palansooriya, K. N., Kirkham, M. B., Chowdhury, S. y Bolan, N. (2020). *Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant*. Biochar, 2, 379-420. <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00065-z>
- Huaroc, H., Olivar, Y. y Omonte, J. (2021). *Efecto de enmiendas orgánicas e inorgánicas en el mejoramiento de suelos cultivados con maca (Lepidium meyenii Lepidium meyenii Walp.)*. Carhuamayo. 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11534>
- Masaquiza, A. (2023). *Comparativo de microorganismos benéficos asociado a suelos de bosque nativo y plantación forestal de la Corporación Sumak Tarpuy, en cantón Colta, provincia de Chimborazo*. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/19411>
- Mendoza, R. y Espinoza, A. (2017). *Guía técnica para muestra de suelos* <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Mola, I., Sopena, A., y de Torre, R. (2018). *Guía Práctica de Restauración Ecológica*. Fundación Biodiversidad Del Ministerio Para La Transición Ecológica. https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/sites/default/files/guia_practica_re_0.pdf
- Mollocondo Turpo, M. N., y Aguilar Atamari, L. E. (2019). *Estimación de la captura de CO2 en plantaciones forestales de Polylepis sp, Cupressus spp y Eucaliptus globulus, para mitigar el cambio climático en el Centro de Producción San Juan de Potojani–Puno, 2018*. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1742>
- Muñoz Vélez, M. J. (2021). *Efecto de biochar y fertilizantes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, desarrollo radical y componentes de rendimiento en arroz* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1543>

- Muñoz, F., Ballerini, A., y Gacitúa, W. (2013). *Variabilidad de las propiedades físicas, morfológicas y térmicas de la fibra de corteza de Eucalyptus nitens*. Maderas. Ciencia y tecnología, 15(1), 17-30. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2013005000002>
- Murta, Castro, Nappo, Nogueira, Araújo Júnior, Gaspar, R. de O., ... Oliveira, E. K. B. de. (2020). *Características dendrométricas de eucalipto submetido a desbaste*. Scientia Forestalis, 48(127). <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n127.22>
- Novopan (2023) *Patrimonio forestal* <https://www.novopan.com.ec/>
- Ochoa, R. D. y Ochoa, V. H. (2018). *Aplicación de microorganismos y sus beneficios en suelos para la producción agrícola*. [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25714>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). *Código internacional de conducta para el uso y manejo de fertilizantes*. Roma. <https://www.fao.org/3/ca5253es/CA5253ES.pdf>
- Pascual, R., y Venegas, S. (2015). *La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos*. <https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>
- Poore, M. y Fries, C. (1987). *Efectos ecológicos de los eucaliptos* - fao.org., 2019, de <http://www.fao.org/docrep/016/ap415s/ap415s00.pdf>
- Rimarachín, M., y Tuesta, A. (2017). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar el contenido de biomasa total y la captura de dióxido de carbono en una plantación forestal de Eucalyptus torelliana en el sector Indoche, Distrito y Provincia de Moyobamba, Región San Martín.
- Rodríguez, S. A., Delgado, M. I., Area, M. C., Lupi, A. M., y Escobar, P. (2021). *Los bosques como reguladores del ciclo del agua para disminuir los riesgos de inundaciones*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/130930>
- Santamarina, R. (2022). *Degradación de hojarasca de tres especies arbóreas (Alnus glutinosa, Quercus robur y Eucalyptus globulus) en la cuenca hidrográfica del río Eume (Pontedeume, A Coruña) y su efecto sobre la biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos*. <http://hdl.handle.net/2183/31189>

- Scollo, G. L. (2010). *Domesticación y cultivo del eucalipto*. Boletín Informativo CIDEU, (8), 83-95.
- Tapia Jiménez, k. G. (2021). *Abonos orgánicos como mejoradores de suelo: analisis de estiércol de elefante y estiércol de caballo*. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/111722>
- Tolosana, E. (2021). *Tecnología de las operaciones para la extracción de los productos forestales*. En J. Pemán García (Ed.), *Tecnología de las operaciones para la extracción de los productos forestales* (p. 653-654). Edicions de la Universitat de Lleida.
- Valenzuela, X. G. V., Rodríguez, H. O. . P., Cuasquer, J. F. . . T., y Ramírez, K. E. . . M. (2022). *Aprovechamiento forestal en la parroquia García Moreno de la provincia Imbabura, periodo 2015-2019* | Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(3), 4379-4395. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2566>.
- Valladares-Samperio, K., y Galicia-Sarmiento, L. (2020). *Impactos del manejo forestal sobre las propiedades de los suelos: un tema de investigación fundamental para México*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente, 27(1), 36–37. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.11.088>
- Yantas, K. (2022). *Estimación del nivel de captura de dióxido de carbono del eucalipto (Eucalyptus globulus), Ciprés (Cupressus macrocarpa) y Pino (Pinus radiata), en la localidad de Huariaca, Pasco-2019*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2646>
- Zazueta-Avitia, A., Burboa-Meza, C. Y., Ramírez-Alvarado, D., Flores-Martínez, H., Segura-Castruita, M. Á., y Gómez-Leyva, J. F. (2021). *Caracterización de frutos tomate (Solanum lycopersicum) en plantas colonizadas por el hongo micorrízico arbuscular Rhizopagus irregularis en condiciones de estrés salino*. Acta universitaria, 31. <https://doi.org/10.15174/au.2021.3120>

ANEXOS

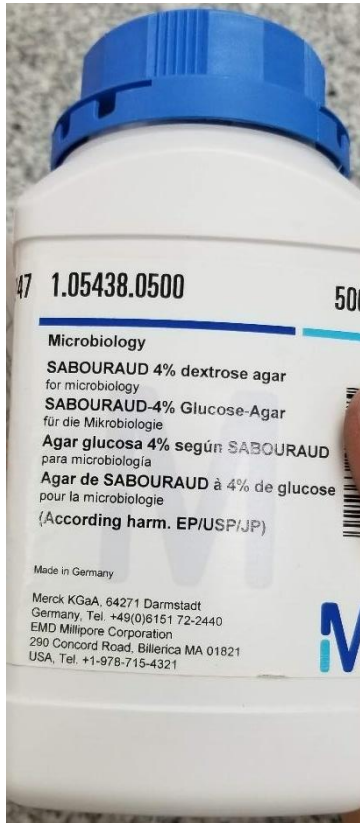
Anexo 1

Corteza en retazos antes de ser inoculadas



Anexo 2

Medio de cultivo agar glucosa 4% según SABOURAUD para la microbiología



Anexo 3

Inicio de cultivo de cepas de microorganismo



Anexo 4

Estación temporal de corteza antes de disposición final



Anexo 5

Disposición final de corteza dentro de NOVOPAN



Anexo 6

Pesos de corteza después de un mes

Mes 1							
		T1	T2	T3	T4	Suma	Promedio
Repetición 1	C1	237.12	235.35	232.76	237.39	942.62	235.66
	C2	236.49	236.87	231.25	235.56	940.17	235.04
	C3	235.58	236.90	234.33	236.48	943.29	235.82
	C4	237.53	236.24	235.51	236.16	945.44	236.36
	Suma	236.68	236.34	233.46	236.40	942.88	235.72
						Suma	Promedio
Repetición 2	C1	236.56	238.21	233.31	238.15	946.23	236.56
	C2	238.50	236.36	234.65	235.46	944.97	236.24
	C3	236.32	235.26	233.55	236.27	941.40	235.35
	C4	237.40	237.16	232.32	237.23	944.11	236.03
	Suma	237.20	236.75	233.46	236.78	944.18	236.04
						Suma	Promedio
Repetición 3	C1	236.07	237.51	232.98	237.41	943.97	235.99
	C2	237.71	235.78	232.38	235.37	941.24	235.31
	C3	238.85	236.93	234.85	237.06	947.69	236.92
	C4	236.77	237.73	233.72	236.32	944.54	236.14
	Suma	237.35	236.99	233.48	236.54	944.36	236.09
						Suma	Promedio
Repetición 4	C1	237.60	238.11	233.35	238.56	947.62	236.91
	C2	238.61	236.20	232.77	236.74	944.32	236.08
	C3	236.50	236.63	235.49	237.28	945.90	236.48
	C4	237.18	237.25	232.95	237.15	944.53	236.13
	Suma	237.47	237.05	233.64	237.43	945.59	236.40

Anexo 7

Pesos de corteza después de 2 meses

Mes 2							
		T1	T2	T3	T4	Suma	Promedio
Repetición 1	C1	236.84	234.58	231.5	236.48	939.4	234.85
	C2	234.87	235	229.2	234.29	933.36	233.34
	C3	235.58	234.59	231.93	235.39	937.49	234.3725
	C4	234.97	235.55	232.61	234.21	937.34	234.335
	Suma	235.565	234.93	231.31	235.09	936.8975	234.22
					Suma	Promedio	
Repetición 2	C1	234.95	236.2	232.53	235.1	938.78	234.695
	C2	236.89	234.12	233.22	234.58	938.81	234.7025
	C3	235.53	235.26	231.1	234.15	936.04	234.01
	C4	235.2	237.16	232.32	235.63	940.31	235.0775
	Suma	235.6425	235.685	232.29	234.87	938.485	234.6213
					Suma	Promedio	
Repetición 3	C1	234.61	236.1	231.79	236.63	939.13	234.7825
	C2	235.31	234.56	230.47	234.51	934.85	233.7125
	C3	236.69	235	233.96	234.9	940.55	235.1375
	C4	235.91	236.3	232.95	235.6	940.76	235.19
	Suma	235.63	235.49	232.29	235.41	938.8225	234.7056
					Suma	Promedio	
Repetición 4	C1	235.4	236.37	231.85	236.2	939.82	234.955
	C2	235	234.19	231.33	234.41	934.93	233.7325
	C3	234.87	234.27	233.75	236.25	939.14	234.785
	C4	234.5	234.41	230.11	235.88	934.9	233.725
	Suma	234.9425	234.81	231.76	235.69	937.1975	234.2994

Anexo 8

Pesos de corteza después de 3 meses

Mes 3							
		T1	T2	T3	T4	Suma	Promedio
Repetición 1	C1	235.11	234.58	230.53	233.13	933.35	233.3375
	C2	232.42	233.49	228.69	232.2	926.8	231.7
	C3	233.14	231.15	229.65	233.1	927.04	231.76
	C4	231.24	233.23	231.5	233.54	929.51	232.3775
	Suma	232.9775	233.1125	230.09	232.99	929.175	232.29
					Suma	Promedio	
Repetición 2	C1	232.9	232.56	231.77	233.5	930.73	232.6825
	C2	234.51	231.96	230.47	232.2	929.14	232.285
	C3	231.2	232.52	229.1	232.27	925.09	231.2725
	C4	234.57	233.65	230.8	232.5	931.52	232.88
	Suma	233.295	232.6725	230.54	232.62	929.12	232.28
					Suma	Promedio	
Repetición 3	C1	232.6	234.71	230.76	233.8	931.87	232.9675
	C2	234.45	231.3	230.47	231.27	927.49	231.8725
	C3	233.95	233.52	231.89	231.2	930.56	232.64
	C4	235.91	234.73	231.27	232.97	934.88	233.72
	Suma	234.2275	233.565	231.10	232.31	931.2	232.8
					Suma	Promedio	
Repetición 4	C1	231.88	234.15	230.27	234.04	930.34	232.585
	C2	233.68	232.22	229.43	231.31	926.64	231.66
	C3	231.54	231.87	231.81	234.1	929.32	232.33
	C4	232.74	231.78	229.3	233.54	927.36	231.84
	Suma	232.46	232.505	230.20	233.25	928.415	232.1038

Anexo 9

Pesos de corteza después de 4 meses

Mes 4							
		T1	T2	T3	T4	Suma	Promedio
Repetición 1	C1	233.59	231.53	229.34	232.45	926.91	231.7275
	C2	231.74	230.59	227.83	231.97	922.13	230.5325
	C3	231.35	229.56	228.52	232.85	922.28	230.57
	C4	230.36	232.44	230.29	232.41	925.5	231.375
	Suma	231.76	231.03	229.00	232.42	924.205	231.05
					Suma	Promedio	
Repetición 2	C1	231.3	231.07	231.41	231.42	925.2	231.3
	C2	231.92	230.26	229.87	231.38	923.43	230.8575
	C3	230.04	231.61	228.17	231.03	920.85	230.2125
	C4	233.16	232.56	230.55	231.63	927.9	231.975
	Suma	231.605	231.375	230.00	231.37	924.345	231.0863
					Suma	Promedio	
Repetición 3	C1	231.27	233.53	229.5	232.8	927.1	231.775
	C2	232.28	230.1	229.76	230.69	922.83	230.7075
	C3	232.99	232.54	230.68	230.74	926.95	231.7375
	C4	233.25	232.58	229.9	231.33	927.06	231.765
	Suma	232.4475	232.1875	229.96	231.39	925.985	231.4963
					Suma	Promedio	
Repetición 4	C1	230.47	233.78	229.7	232.55	926.5	231.625
	C2	231.4	231.98	228.38	230.77	922.53	230.6325
	C3	230.61	230.58	230.29	233.13	924.61	231.1525
	C4	231.89	230.99	228.93	232.81	924.62	231.155
	Suma	231.0925	231.8325	229.33	232.32	924.565	231.1413

Anexo 10

Pesos de corteza después de 5 meses

Mes 5							
Repeticiones		T1	T2	T3	T4	Suma	Promedio
Repetición 1	C1	232.15	230.90	229.21	231.67	923.93	230.98
	C2	231.43	230.17	227.37	231.12	920.09	230.02
	C3	230.39	229.16	228.13	232.72	920.40	230.10
	C4	230.23	231.56	230.00	232.25	924.04	231.01
	Promedio	231.05	230.45	228.68	231.94	922.12	230.53
						Suma	Promedio
Repetición 2	C1	231.13	230.84	230.04	231.29	923.30	230.83
	C2	231.55	230.13	229.46	231.10	922.24	230.56
	C3	229.86	231.08	228.07	230.79	919.80	229.95
	C4	232.31	231.45	230.26	231.52	925.54	231.39
	Promedio	231.21	230.88	229.46	231.18	922.72	230.68
						Suma	Promedio
Repetición 3	C1	231.07	233.49	229.35	232.55	926.46	231.62
	C2	232.19	230.10	229.49	230.09	921.87	230.47
	C3	232.78	232.37	230.58	230.61	926.34	231.59
	C4	233.07	232.38	229.43	231.29	926.17	231.54
	Promedio	232.28	232.09	229.71	231.14	925.21	231.30
						Suma	Promedio
Repetición 4	C1	230.34	233.62	229.10	232.21	925.27	231.32
	C2	231.24	231.66	228.14	230.59	921.63	230.41
	C3	230.47	230.20	230.11	232.54	923.32	230.83
	C4	231.80	230.80	228.16	232.55	923.31	230.83
	Promedio	230.96	231.57	228.88	231.97	923.38	230.85

..