



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Aprovechamiento y manejo de residuos agroindustriales y micelio para la elaboración
de un sustituto de poliestireno expandido para embalaje

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Moreano Santillán Fabricio Germán

Tutor:

Ing. Daniel Luna

Riobamba, Ecuador

2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Fabricio German Moreano Santillán con cédula de ciudadanía 0603963554, autor del trabajo de investigación titulado: Aprovechamiento y manejo de residuos agroindustriales y micelio para la elaboración de un sustituto de poliestireno expandido para embalaje, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 23 de mes Octubre de año 2023.



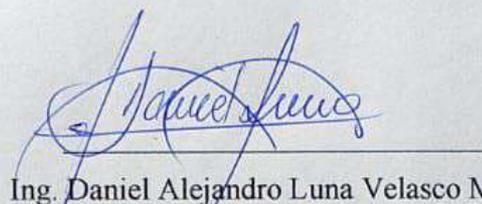
Fabricio Germán Moreano Santillán

C.I: 0603963554

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR

Quien suscribe, Daniel Alejandro Luna Velasco catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Aprovechamiento y manejo de residuos agroindustriales y micelio para la elaboración de un sustituto de poliestireno expandido para embalaje, bajo la autoría de Moreano Santillán Fabricio Germán; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 23 días del mes de Octubre de 2023



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniel Luna', is written over a horizontal line.

Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco MgS.

C.I: 1713065843

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Aprovechamiento y manejo de residuos agroindustriales y micelio para la elaboración de un sustituto de poliestireno expandido para embalaje, presentado por Fabricio Germán Moreano Santillán, con cédula de identidad número 0603963554, bajo la tutoría de Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco MgS; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

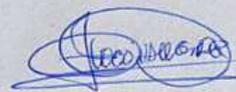
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

Dr. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



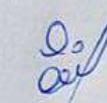
Firma

Ing. Víctor Hugo Valverde, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Dr. José E. Miranda Yuquilema, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



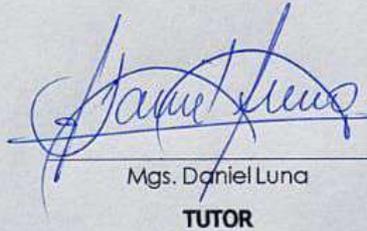
Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



CERTIFICACIÓN

Que, **MOREANO SANTILLÁN FABRICIO GERMÁN** con CC: **0603963554**, estudiante de la Carrera de **AGROINDUSTRIA**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **APROVECHAMIENTO Y MANEJO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y MICELIO PARA LA ELABORACIÓN DE UN SUSTITUTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA EMBALAJE**", cumple con el **5%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 27 de mes Octubre de año 2023



Mgs. Daniel Luna
TUTOR

DEDICATORIA

A mi madre Anita, mis abuelos Jorge y Fanny quienes con paciencia y esfuerzo me ha a permitido cumplir uno de mis sueños, gracias por inculcar en mi el ejemplo de esfuerzo.

A mi hermano Nicolas por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por la ayuda en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron que llegue a ser una mejor persona acompañándome en todos mis sueños.

Para finalizar quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos y las personas que se vieron involucrada en las misma, por ser un apoyo cuando se necesitaba, extender su mano en momentos difíciles y el cariño brindado cada di, muchas gracias.

Fabricio

AGRADECIMIENTO

Una tesis siempre es un reto académico y personal, siendo un proceso de investigación fraguado a lo largo de mi experiencia como estudiante.

Hago presente mi agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron de manera directa e indirecta para la culminación de este trabajo.

Gracias a mi familia por confiar y creer en mí, ustedes fueron el pilar fundamental para llegar a alcanzar uno de mis sueños.

Gracias a la Universidad Nacional de Chimborazo, a cada uno de los docentes que me acompañaron, me guiaron y me brindaron su apoyo incondicional a lo largo del camino recorrido en los pasillos de esta institución.

Fabricio

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PROBLEMA.....	14
1.2.1 Identificación y descripción del problema	14
1.2.2 Formulación del problema.....	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 General	16
1.4.2 Específicos.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Estado del arte.....	17
2.2 Marco teórico	18
2.3 Residuos agroindustriales	18
2.3.1 Gestión y aprovechamiento de residuos agroindustriales	19
2.4 Hongos	20
2.4.1 Estructura.....	20
2.4.2 Nutrición.....	20
2.5 Hongo Ostra (Pleurotus ostreatus)	21
2.6 Micelio	22
2.6.1 Bioconversión del micelio.....	22
2.6.2 Ventajas de Micelio.....	23
2.6.3 Material creado con micelio.....	24
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	25
3.1 Tipo de Investigación.....	25

3.2	Diseño de investigación	25
3.2.1	Unidad Estadística	25
3.2.2	Población y tamaño de la muestra	25
3.2.3	Materiales, equipos y reactivos	25
3.2.4	Tratamientos para la elaboración de biopolímero	26
3.2.5	Diagrama de Procesos	27
3.3	Técnica de recolección de datos.	30
3.4	Variables	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		32
4.1	Resultados	32
4.1.1	Aislamiento del Hongo.....	32
4.1.2	Masificación de micelio	32
4.1.3	Relación Carbono – Nitrógeno.....	33
4.1.4	Datos de conservación del Hongo	33
4.1.5	Obtención de Biopolímero	33
4.1.6	Identificación de tipos de Moho.....	34
4.1.7	Litros de agua ocupados para cada tratamiento.....	34
4.2	Análisis estadístico	35
4.2.1	Densidad.....	35
4.2.2	Inflamabilidad	36
4.2.3	Humedad	37
4.2.4	Compresión	38
4.3	Alternativa biodegradable de empaques para transporte y embalaje.....	39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		40
5.1	CONCLUSIONES	40
5.2	RECOMENDACIONES.....	41
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
7.	ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales, equipos y reactivos	25
Tabla 2 Formulación para la elaboración de biopolímero	26
Tabla 3 Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 1	29
Tabla 4 Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 2	29
Tabla 5 Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 3	29
Tabla 6 Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 4	30
Tabla 7 Variables	31
Tabla 8 Aislamiento.....	32
Tabla 9 Masificación	32
Tabla 10 Biopolímero	33
Tabla 11 Tipos de Moho.....	34
Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA) de los tratamientos sustitutos de poliestireno...	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aislamiento, masificación de micelio de hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) en medio de cultivo PDA (Agar papa dextrosa) y conformación de Biomaterial.....	27
Figura 2 Absorción	34
Figura 3 Densidad	35
Figura 4 Inflamabilidad	36
Figura 5 Humedad	37
Figura 6 Compresión	38
Figura 7 Curva de Compresión.....	39

RESUMEN

El micelio es una estructura que forma la parte vegetativa de los hongos pluricelulares como las setas y los mohos estos pueden utilizarse en la producción de empaques biodegradables mediante acción microbiológica para el almacenado de productos alimenticios, lo cual trata de adaptarse a las nuevas tendencias del mercado con respecto a la demanda de los consumidores sobre la importancia y conciencia para disminuir el impacto ambiental. Por tal motivo la investigación tuvo como objetivo desarrollar un sustituto de poliestireno expandido para embalaje a partir de micelio y residuos agroindustriales. Mediante un estudio experimental se desarrolló un sustituto para el poliestireno expandido con paja de cebada, aserrín, granza de trigo y cascarilla de trigo utilizando micelio (*Pleurotus Ostreatus*) para la descomposición. También se utilizó un enfoque cuantitativo debido al análisis e interpretación de las pruebas que sirvieron para el estudio y procesamiento de los datos. De acuerdo a los resultados el tratamiento T1 fue la mejor formulación con una relación carbono/nitrógeno de 170,42, capacidad de adsorber 1,5 litros de agua, densidad del material de 168,86 Kg/m³, resistencia a la inflamabilidad hasta 265°C, humedad de 7,6% y una resistencia a la compresión de 17,92 kPa. Con respecto al estudio se concluyó que la generación de este producto para embalaje o transporte de alimentos ayudará a utilizar los residuos que produce las agroindustrias, generando valor agregado con los desperdicios y obteniendo un producto que pueda sustituir al poliestireno expandido.

Palabras claves: Inocular, Biopolímero, Biodegradable, Sustrato, Micelio (*Pleurotus Ostreatus*).

ABSTRACT

The mycelium is a structure that forms the vegetative part of multicellular fungi such as mushrooms and molds that can be used in the production of biodegradable packaging through microbiological action for the storage of food products, which tries to adapt to new market trends with respect to consumer demand on the importance and awareness to reduce environmental impact. For this reason, the objective of this research was to develop an expanded polystyrene substitute for packaging from mycelium and agro-industrial waste. By means of an experimental study, a substitute for expanded polystyrene was developed with barley straw, sawdust, wheat grain and wheat husk using mycelium (*Pleurotus Ostreatus*) for decomposition. A quantitative approach was also used due to the analysis and interpretation of the tests used for the study and data processing. According to the results, treatment T1 was the best formulation with a carbon/nitrogen ratio of 170.42, capacity to adsorb 1.5 liters of water, material density of 168.86 kg/m³, flammability resistance up to 265°C, humidity of 7.6% and a compressive strength of 17.92 kPa. With respect to the study, it was concluded that the generation of this product for packaging or transporting food will help to use the waste produced by agroindustries, generating added value with the waste and obtaining a product that can replace expanded polystyrene.

Key words: Inoculate, Biopolymer, Biodegradable, Substrate, Mycelium (*Pleurotus Ostreatus*).



Reviewed by:

Msc. Jhon Inca Guerrero.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604136572

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente la generación de residuos agroindustriales en las etapas productivas son una problemática a nivel mundial, debido a inadecuado manejo de los residuos originados, lo que contribuye a la contaminación ambiental. De acuerdo a Vargas y Pérez (2018) los residuos agroindustriales cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes líneas de mercado que se incluyen en la elaboración de sustitutos plásticos para el empaqueo de alimentos los cuales brinda un valor agregado a productos originales que son amigables con el medio ambiente

Uno de los productos que mayor impacto tiene en el medio ambiente es la espuma obtenida a partir del poliestireno que ha sido utilizada desde su invención en 1940. Este avance permitió innumerables ventajas que permitieron el transporte de productos alimenticios en el proceso de logística. Es por eso que los residuos agroindustriales como fuentes renovables para la producción de subproductos como lo son empaques para alimentos pueden ser una alternativa al efecto que los plásticos tradicionales conllevan en el impacto del medio ambiente. Este factor es preocupante debido a que el poliestireno tarda miles de años para descomponerse (Department of Energy & Environment [DOEE], 2020).

Como mencionan Cañas et al. (2017) a nivel mundial se han producido más de 300 millones de toneladas métricas de poliestireno y más de la mitad de este producto se elimina de forma directa en la basura. Con respecto a este problema existen estudios que ofrecen alternativas viables y rentables, que mitigan los problemas ambientales, como son el uso de residuos orgánicos para la obtención de energías renovables, biopolímeros, abonos y gases.

De acuerdo con Aristazábal (2022) una de las alternativas al poliestireno es el uso del micelio para la producción de plásticos orgánicos por efecto de la creciente demanda del mercado, este proceso se basa principalmente en el uso de microorganismos para producir envases biodegradables los cuales no tienen un efecto contraproducente en el medio ambiente, aunque existe una gran cantidad de productos que el micelio puede reemplazar.

Por otro lado, la agroindustria es una actividad económica que interviene tanto en la producción agrícola e industrial y en la mayoría de casos al obtener un producto semielaborado, dichas empresas no controlan adecuadamente sus procesos que terminan generando residuos agroindustriales en cantidades significativas que son catalogadas como un problema ambiental. Cabe destacar que el inadecuado manejo de los residuos agroindustriales puede ocasionar cambios irreversibles en medios abióticos, bióticos y socioeconómicos generando pérdidas económicas en las empresas debido a sanciones por los entes competentes a causa de que afectan directamente al medio ambiente (Vargas Corredor y Pérez, 2018).

Bajo tal contexto, el trabajo de investigación es una alternativa que puede aportar a la reducción de desperdicios de poliestireno a través del aprovechamiento y manejo de residuos agroindustriales con la ayuda del micelio para la elaboración de un de este tipo de polímeros, que permitirá tener una base científica sobre el aprovechamiento de los residuos mediante una metodología, diseño y elaboración técnica para su aporte a futuros estudios.

1.2 PROBLEMA

Con la globalización y el uso extendido de materias primas que no son sustentables para el medio ambiente, la industrias se ven obligadas a cambiar sus procesos de producción por la gran cantidad de desperdicios que se originan a nivel mundial. De acuerdo con datos del Banco Mundial (2020) solo se recicla entre un 18 y 28% de residuos plásticos lo que deja aproximadamente más de 6000 millones de dólares en pérdidas a los países que no afrontan de forma técnica esta problemática.

Con respecto a la contaminación en América latina se produce una media de 2000 millones de toneladas de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono) por efecto del uso del poliestireno expandido, algunos autores mencionan que de este material solo un 12% entra en proceso de recuperación. En relación con otros materiales o residuos reciclables, como el papel, vidrio y latas de aluminio (Arthur y Pérez, 2019).

Siendo estas dos de las problemáticas más fuertes en las cual se quiere combatir por medio de la utilización de los residuos agroindustriales y llegando a reducir la utilización de poliestireno

1.2.1 Identificación y descripción del problema

La preocupación que el uso del poliestireno establece en el medio ambiente es evidente, debido a que este material tiene una degradación lenta y su fuente se produce a partir de la generación de petróleo la cual no es renovable. Cabe destacar que la producción del poliestireno expandido se obtiene a partir de subproductos del petróleo los cuales pueden ser nocivos a la salud y tienen un mayor impacto al ambiente (Téllez, 2012).

Con el cambio climático y las nuevas tendencias de mercado que las personas tienen al consumir productos alimenticios en empaques biodegradables. En los últimos años se ha visto un aumento en las necesidades adquirir productos sustentables con el medio ambiente los cuales les permitan ayudar a disminuir la contaminación y el impacto sobre la naturaleza, en Ecuador un 34,08% de las familias utilizan plásticos al adquirir productos para su consumo y 24.53% ocupa cartón, estos residuos no se reciclan en su mayoría y en efecto tiende a contaminar las zonas urbanas y rurales sin importar la legislaciones existentes que se rigen en el estado (INEC, 2016).

En el Ecuador la agroindustria ocasiona residuos que no son aprovechados como subproductos en la cadena de producción. Entre los desperdicios se destaca a las frutas, bagazo, paja, cogollos, caña de azúcar, cascarilla de arroz, desecho de cítricos, cascara de plátano, etc. Con un 59,46% de desperdicios estos productos ocasionan un gran impacto, en la mayoría de casos estos subproductos son incinerados o desechados en vertederos provocando la liberación de dióxido de carbono en grandes cantidades contaminando recursos hídricos por efecto de su propagación que desemboca en la proliferación de bacterias, insectos y roedores (Vargas y Pérez, 2018).

Una de las alternativas que los avances tecnológicos ofrecen en el campo agroindustrial es el uso del micelio como sustituto del poliestireno. Este hongo tiene una parte aérea como cuerpo fructífero, pero está compuesto de una parte vegetativa debajo de la tierra con un sistema de raíces. Su producción empieza con la utilización de fibras orgánicas como residuos de caña de azúcar o las cáscaras de maíz, que luego se aplica como solución líquida para tener un crecimiento exponencial que descompone el sustrato en aproximadamente una semana y se produce dentro de un sistema de cultivo vertical ambientalmente controlado (Montoya, 2022).

El uso del micelio como sustituto al poliestireno trae muchas ventajas debido a que como resultado se obtiene un producto con menor uso de maquinaria pesada en su producción obteniendo un peso que permite un transporte más ágil y se descompone de forma rápida para reconstituirse al medio como sustrato en el crecimiento de nueva vegetación (Colina, 2022).

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo el uso del micelio en el aprovechamiento de residuos agroindustriales puede sustituir al poliestireno expandido para el embalaje?

1.3 JUSTIFICACIÓN

A raíz de lo mencionado nace la idea de generar un empaque con elementos a partir de residuos agroindustriales y con la ayuda del micelio puedan formar un producto de calidad el cual pueda ser moldeado en diversas formas llegando a adaptarse a una horma. Este proceso ya se ha utilizado para generar materiales que ayuden en la construcción, aislamiento de sonido, aislamiento térmico y también para empaques. La investigación fue de gran ayuda como base científica para la utilización de residuos agroindustriales que a través de procesos biotecnológicos permitan obtener una alternativa al poliestireno expandido que actualmente se utiliza.

Por ello se trabajó con una formulación óptima tanto en la utilización de los residuos agroindustriales, colonización del micelio y tiempo de producción que permitió obtener una alternativa más natural al poliestireno expandido del mercado actual que no ejerce un gran impacto al medio ambiente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

- Desarrollar un sustituto de poliestireno expandido para embalaje a partir de micelio y residuos agroindustriales.

1.4.2 Específicos

- Identificar las características y ambiente del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).
- Utilizar la mejor combinación de biomateriales para la elaboración del sustituto de poliestireno expandido.
- Elaborar una alternativa biodegradable de empaques para medios de transporte.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estado del arte

Con respecto al aprovechamiento y manejo de residuos agroindustriales aplicando el micelio para la elaboración de un sustituto de poliestireno expandido para embalaje, a continuación, se establecen varias investigaciones sobre la temática;

Aristizábal (2022) en su proyecto sobre el poliestireno y las alternativas para sustituirlo con residuos agroindustriales mediante la acción de micelios mencionó al café como sustrato práctico para una buena absorción de humedad y su combinación con aserrín o vástago permite obtener mayor resistencia a la compresión (KPa) mucho mayor que el material de control o convencional. Lo que establece que los hongos de micelio (*Ganoderma lucidum*) son más efectivos en sustratos con la presencia de café.

De acuerdo con Espinosa y Pazmiño (2016) la utilización de residuos agroindustriales en el proceso de obtención de materias plásticas biodegradables cumple una función vital para disminuir la contaminación y el impacto sobre el ecosistema, destacando la utilización del tamo de cebada como el tratamiento con eficiencia biológica de 70.7%, con una biomasa que llega a 2.6 kg frente a las hojas de plátano y las cascaras de café. Cabe mencionar que a los 15 días el material sufrió una contaminación por acción de mohos y levaduras por lo tanto, se deben cumplir procedimientos con recubrimiento totalmente estéril y específico para el contacto con ciertos alimentos y se pueda alargar la vida útil del producto.

Para el análisis del biomaterial obtenido a partir de micelio de hongo (*Ganoderma lucidum*) y residuos agrícolas, Gutiérrez et al. (2021) establece la calidad de las cáscaras de la nuez para la producción de compuestos degradables, ya que, el crecimiento del micelio inoculado con esta cascara proporcionó las mejores condiciones para el diseño de un biomaterial bajo un método de fabricación biológica de bajo costo, indicando la posibilidad que dichas materias se pueda utilizar en la industria de envase.

Con base en el estudio “Elaboración de un biomaterial alternativo al poliestireno expandido por medio de biomasa fúngica y residual” se menciona una alternativa para la construcción de un material ecológico con fines de embalaje el cual fue realizado con la ayuda del micelio *Pleurotus Ostreatus* donde obtuvo un crecimiento en diferentes desechos como afrecho de malta y salvado de trigo obteniendo como resultados un bloque estable con 80% afrecho de malta y 20% salvado de trigo sin adición de agua (Sopo et al., 2021).

Como establecen Feijóo et al. (2021) en su artículo “Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible” la creación de biomateriales a partir de residuos de origen vegetal lignocelulósicos pueden tener diferentes funciones como aislantes térmicos y acústicos,

protección contra incendios y nuevas fuentes de alimentos con alto contenido de aminoácidos y proteínas.

Finalmente, Ocegueda (2021) indica el proceso en donde se establece que para un desarrollo del hongo en los dos sustratos se presentan una concentración mayor a 50% de carbono que expresa un medio óptimo para el crecimiento micelial disminuyendo la densidad y absorción de agua para los todos los sustratos.

2.2 Marco teórico

Para el proceso de investigación es necesario establecer las bases teóricas que conllevan el uso del micelio para la producción de biopolímeros, para tener una mejor comprensión del tema. Es por ello que se considera de suma importancia conocer que el término biodegradable describe a un elemento que puede descomponerse biológicamente con la ayuda de ciertos microorganismos. El material biodegradable generalmente incluye madera, lana, algodón, desechos animales o cualquier otro material orgánico que pueda descomponerse en dióxido de carbono, metano o cualquier otra molécula orgánica simple con la ayuda de microorganismos (Labeaga, 2018).

Es así que se puntualizan algunos ejemplos de material biodegradable de origen animal y vegetal, tales como:

- Desechos humanos y animales, refiriéndose a la materia fecal
- Productos vegetales como: madera, papel, material alimenticio, etc.
- Restos de organismos muertos.
- Cáscaras de huevo.

2.3 Residuos agroindustriales

Bajo tal contexto, es necesario establecer que los desechos agrícolas se pueden definir como los residuos del cultivo y procesamiento de productos de origen animal crudos como frutas, verduras, viseras, carnes, huesos, productos lácteos y subproductos. Los desechos pueden estar en forma de sólidos, líquidos o lodos dependiendo de la naturaleza de las actividades agrícolas (Vargas y Pérez, 2018).

Además, los residuos y desechos de la industria agrícola constituyen una proporción significativa de la productividad agrícola mundial. Aunque la cantidad de desechos producidos por el sector agrícola es significativamente baja en comparación con los desechos generados por otras industrias, el potencial de contaminación de los desechos agrícolas es alto a largo plazo (Vargas y Pérez, 2018).

Así mismo los autores Cury et al., (2017) establecen que la agroindustria, en particular la industria alimentaria, genera grandes cantidades de desechos líquidos, sólidos

y gaseosos, que surgen no solo de las operaciones de procesamiento sino también de su tratamiento y eliminación. Con residuos multifásicos (dos fases líquidas inmiscibles) y multicomponentes (aquellas donde más de dos reactivos) que pueden tener un efecto contraproducente en el medio ambiente.

La composición y cantidad de los desechos agroindustriales depende en gran medida de la fuente de materias primas, así como de la naturaleza de los productos, operaciones y etapas de procesamiento. En general, los desechos del procesamiento de alimentos consisten en grandes cantidades de materia orgánica (carbohidratos, proteínas, grasas, aceites, etc.), con altos valores de una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos en suspensión. Debido a su alto contenido de nutrientes, los desechos agroindustriales tienen un alto potencial para causar graves problemas de contaminación, si no se manejan o tratan adecuadamente. Esta contaminación se puede dividir en 3 categorías principales; aguas residuales, desechos sólidos y contaminación del aire, con contaminación acústica en algunas fábricas (Cury et al., 2017).

2.3.1 Gestión y aprovechamiento de residuos agroindustriales

La Gestión Ambiental realizada por el Ministerio del Ambiente se ha visto reflejada en los últimos años en la generación de regulaciones jurídicas y políticas que incorporan el aspecto ambiental dentro de las actividades de múltiples actores sociales. A través de la Ley de Gestión Ambiental, el estado trata de plantear estrategias que actúen sobre el medio ambiental para un desarrollo sustentable que ayude a la ciudadanía, entre otras (Gavilanes, 2016).

Todo esto realizado bajo el antecedente de que la gestión de residuos agroindustriales en el Ecuador no está optimizada, ya que estos suelen ser depositados directamente sobre suelos o zonas vacías que ocasionan bloqueo de cauces fluviales y la quema no controlada, que son factores causantes del deterioro visual de los campos (Gavilanes, 2016).

La contaminación y mal manejo de los residuos orgánicos está dada por el desconocimiento del valor agregado que pueden llegar a tener si fueran aprovechados correctamente, como es el caso de países de primer mundo que utilizan estos recursos como fuentes renovables de energía para la producción de gases, abonos y biopolímeros que permiten optimizar una cadena sostenible en la producción agrícola (Riera et al., 2018).

En Ecuador no existen suficientes datos y ni estudios que demuestren la cantidad de residuos orgánicos producidos a nivel nacional, lo cual aumenta esta deficiencia ya que estos no pueden ser correctamente tratados, en especial los residuos vegetales (Gavilanes, 2016).

Pese a todas las normas y leyes instauradas se ha evidenciado en un informe del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC) que no son aplicadas en la mayoría de industrias, en un porcentaje de 80% de incumplimiento de inversión en protección del medio

ambiente y estudios de impacto ambiental, y tan solo el 2% de industrias tenían una adecuada gestión ambiental dentro de sus organizaciones (Gavilanes, 2016).

2.4 Hongos

Los hongos constituyen uno de los mayores grupos de seres vivos. A lo largo del tiempo se han identificado y descrito aproximadamente unas 80000 especies de hongos. Sin embargo, se estima que realmente deben ser cerca de un millón de especies, ya que existe muchas que no presentan diferencias morfológicas notables, aunque genéticamente sean distintas, estas especies son llamadas crípticas (Romero et al., 2017).

De acuerdo a Garcés et al., (2015) establecen que son organismos denominados eucarióticos ya que tienen un núcleo diferenciado y organelos citoplasmáticos recubiertos por una membrana, llegando a ser diferentes de las bacterias. Los hongos no son plantas ni animales, sino que están agrupados en un reino aparte, el Reino Fungi. Son organismos sin clorofila, su crecimiento es indeterminado, no tienen movimiento y su reproducción está dada por esporas sexuales o asexuales y/o la fragmentación de hifas (Romero, 2022).

Como establecen Kuhar y Castiglia (2013) es habitual asumir que la morfología de un hongo es “de sombrero” como por ejemplo el champiñón (*Agaricus bisporus*), pero este tipo de morfología es solo una de las tantas que es posible encontrar en la naturaleza. La cantidad de formas, colores y tamaños que tienen los hongos es diversa. Es posible verlos creciendo en forma de “estante” como *Trametes versicolor* o *Pycnoporus sanguineus* sobre troncos de árboles en pie o caídos, en forma de “copas” como *Cookeina colensoi* o *Ascobolus scatigenus*, o incluso en forma de “estrella” como en el caso de *Geastrum saccatum*.

2.4.1 Estructura

Los hongos se presentan en dos principales formas: filamentosos o también conocidos en la antigüedad como “mohos”; y los hongos levaduriformes. En cuanto a los hongos filamentosos, su cuerpo tiene dos porciones, una reproductiva y otra vegetativa. Su aspecto es delgado y uniforme, pudiendo llegar a alcanzar un grosor de 100 μ m. La parte vegetativa, que es haploide, no presenta coloración, y está compuesta por filamentos llamados hifas, las cuales usualmente son microscópicas. el conjunto de hifas es conocido como el micelio, el cual, por su parte es usualmente visible. Las hifas son tubulares y tienen un crecimiento polarizado en el ápice. suelen estar divididas por tabiques llamados septos. (Garcés- Granada et al., 2015). Los hongos levaduriformes son siempre unicelulares, y su forma es similar a una esfera. En ellos no existe la diferenciación entre cuerpo vegetativo y reproductivo (Romero et al., 2017).

2.4.2 Nutrición

Los nutrientes que los hongos obtienen a partir de la absorción resultan de la degradación de compuestos complejos por las exoenzimas que se liberan al medio a raíz de la digestión extracelular. Por consiguiente, los hongos pueden utilizar un sinnúmero de sustratos como nutrientes y fuente de energía (Zamora, 2021).

Son considerados organismos eucariotas talófitos, con un mecanismo de nutrición heterótrofo mediante absorción y digestión externa (Romero, 2022).

Los hongos, como los animales, extraen los nutrientes del medio, necesitando que las moléculas lleguen a ser de un tamaño pequeño, por lo que segregan enzimas que ayudan a romper las moléculas de gran tamaño (Thieman y Palladino, 2017).

Se pueden clasificar en:

- Los hongos que obtendrán los nutrientes de la materia orgánica llamados saprófitos.
- Los hongos que obtienen nutrientes a partir de hospedantes vivos denominados biófitos.
- Los hongos que atacan a seres vivos de forma virulenta son los necrófitos (Thieman y Palladino, 2017).
- Cuando se alimenta y a su vez entrega beneficios al otro organismo se denominan simbioses.

2.5 Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)

El hongo ostra es ampliamente estudiado por la gastronomía ya que tiene un buen sabor y contiene propiedades nutricionales y medicinales. Como fuente nutritiva de proteínas, carbohidratos, vitaminas, calcio y hierro, puede ser utilizada en diversas aplicaciones como su uso culinario en una amplia gama de platos (Cerón et al., 2021).

Los hongos comestibles son saprófitos y tienen la capacidad de degradar materiales lignocelulósicos por sus extensas enzimas. Entre los hongos comestibles, *Pleurotus ostreatus* es característico por su adaptabilidad a las condiciones climáticas y su capacidad para crecer en una amplia gama de sustratos.

Esta especie de hongo Tiene la cualidad de consumir y aprovechar nutrientes de residuos de las actividades agrícolas para desarrollarse y reproducirse, favoreciendo a los agricultores por sus a sus altos niveles de producción a corto plazo. Su cultivo inició en el siglo XX y ha venido mejorando su producción gracias a varios estudios (Abril, 2022).

Para su alimentación y crecimiento usa sustancias simples; grandes cantidades de hemicelulosa, celulosa y lignina, que se obtienen de distintos desechos agroindustriales como café, cacao, algodón, aserrín, maíz, caña de azúcar, entre otros (Abril, 2022). Lo que le aporta un alto valor ecológico y económico, además de que su cuerpo es escasamente atacado por enfermedades y plagas (Flores, 2021).

2.6 Micelio

Por lo anteriormente mencionado es trascendental conocer que, para contrarrestar estos posibles efectos de la contaminación causada por los residuos agroindustriales, se ha puesto en la mesa científica el estudio de los hongos filamentosos, los cuales muestran un patrón de crecimiento intrínseco que genera una cantidad casi infinita de células tubulares microscópicamente interconectadas que eventualmente producen una vasta red macroscópica de biomasa, también conocida como micelio. Estos organismos heterótrofos cumplen roles ecológicos claves al descomponer y reciclar diversas fuentes de biomasa, en hábitats terrestres y marinos, gracias a sus poderosas habilidades de secreción explotadas en muchas aplicaciones biotecnológicas (Feijóo et al., 2021).

Esta estructura de filamentos tubulares y alargados posee un alto valor de plasticidad y versatilidad de desarrollo. Se podría decir que el micelio es el esqueleto del organismo, ya que está encargado de conectar y trasladar azúcares, agua y minerales; formando así un sistema cerrado que responde a cualquier cambio o estímulo del medio externo (Feijóo et al., 2021).

Distinguidos por su función y desarrollo, se han reconocido dos tipos de micelio, el micelio vegetativo y aéreo. El micelio vegetativo habita usualmente en el suelo, su nutrición se basa en materia orgánica animal y vegetal viva, a la que coloniza, también materia en descomposición o puede asociarse de manera mutua como los hongos endófitos (Feijóo et al., 2021).

El micelio aéreo, por su parte, se proyecta hacia la superficie por la extensión y propagación ramificada de hifas aéreas, a partir del sustrato colonizado por el micelio vegetativo. A este tipo de micelio también se lo reconoce como un estado reproductivo del hongo ya se encarga de asegurar su supervivencia y la trascendencia de genes a hábitats nuevos (Feijóo et al., 2021).

El micelio cuenta con una gran resistencia mecánica (43.67KPa) que se atribuye a la estructura de su pared celular, que cumple un rol fisiológico en la morfogénesis y en la protección de la integridad del micelio. Es una estructura muy dinámica que está en crecimiento constante y resistente a la expansión en gran parte de su superficie (Feijóo et al., 2021).

2.6.1 Bioconversión del micelio

En las últimas décadas, este proceso de bioconversión se ha introducido en un contexto antropogénico, dando como resultado un proceso de producción de base biológica de nuevos tipos de materiales naturales con propiedades altamente modificables. Los signos claros de innovaciones y una tendencia al alza en las solicitudes de patentes indican que el uso del micelio fúngico como materia prima ayudará a proporcionar una solución escalable para alternativas de materiales sostenibles (Fuentes, 2020).

Así, la atención se ha centrado principalmente en el desarrollo de materiales compuestos de micelio (CMM). Al inocular flujos de desechos lignocelulósicos de origen agrícola o forestal como cáscaras de maíz o aserrín, con especies saprotróficas fúngicas, típicamente pertenecientes a los géneros de pudrición blanca como *Ganoderma* o *Pleurotus*, dentro de un moho, se produce la colonización de la materia prima orgánica (Pineda et al., 2017).

Es de este modo que de acuerdo a Pedraza (2019) los filamentos fúngicos en expansión unen las partículas del sustrato mientras llenan los espacios vacíos y, en última instancia, se forma un material compuesto moldeado por el moho, que posteriormente se procesa mediante secado, finalizando así el proceso de crecimiento al deshidratar el organismo. En esencia, el hongo que se alimenta actúa como un pegamento biológico para el material al colonizar y unir las partículas sueltas del sustrato. La CMM liviana resultante tiene características de material similar a la espuma como el poliestireno, por lo que es adecuada para aplicaciones como embalaje, aislamiento y aplicaciones de muebles livianos.

2.6.2 Ventajas de Micelio

La utilización de este elemento sin duda posee varias ventajas eco amigables como:

Los materiales elaborados a través de esta técnica y uso de micelio son biodegradables y fuertes con respecto a su resistencia mecánica. Adicionalmente la demanda de los consumidores se está moviendo cada vez más hacia materiales ecológicos, pero la resistencia y la confiabilidad siguen siendo características necesarias de la mayoría de los productos (Salas, 2018). De igual modo es necesario destacar que la capacidad de Micelio para permanecer fuerte como un producto orgánico y biodegradable es una gran ventaja sobre otros materiales.

También, se puede cultivar en cualquier forma moldeada, lo que simplifica la producción, al menos en términos de especificaciones del producto. Y al ser un elemento tan amigable esto hace que sea posible cultivar exactamente la cantidad adecuada de material necesario para cualquier producto y así eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia (Salas 2018).

Adicionalmente se puede cultivar con paquetes caseros: esto es excelente para las pequeñas empresas que necesitan especificaciones exactas y es útil para cualquier empresa que quiera tener más control sobre las materias primas utilizadas en sus productos. Es importante resaltar la preferencia del consumidor. El micelio tiene una ventaja inherente sobre la espuma de poliestireno debido a su naturaleza sostenible. Esto lo hace preferencial para cualquiera que busque productos biodegradables (Camacho, 2017).

Otra de las ventajas también es que es un material de base versátil, ya que se pueden fabricar varios productos útiles a partir de la base de espuma de micelio, con una extensa

lista de aplicaciones y posibilidades que van desde chaquetas para exteriores hasta plantillas y zapatos.

Finalmente, otra de sus características es que es abundante, sostenible y económico, pues la creación de espuma de micelio utiliza desechos agrícolas, que siempre estarán disponibles en todo el mundo. Las hifas de micelio también son renovables y abundantes, y toda la producción de espuma de micelio es económica y competitiva en costos con la espuma de poliestireno (Camacho, 2017).

2.6.3 Material creado con micelio.

En la actualidad diversas empresas han empezado a generar distintos tipos de materiales usando el micelio de *P. ostreatus*, que llega a originar alternativas a los empaques de plástico por medio de recipientes, protectores de productos en empaques y diseños personalizados. También, tenemos una empresa llamada Mycoworks la cual se encarga de generar un producto como alternativa al cuero, con la ayuda de los residuos agrícolas y micelio, todo ello sin perder las características principales del cuero normal como es su facilidad para ser teñida, flexibilidad y resistencia (Bohorquez y Ramirez, 2015).

Investigaciones las cuales van a destacar en este ámbito fueron llevadas a cabo por (Elsacker, y otros, 2020), lo cuales han identificado las propiedades mecánicas, físicas y químicas las que tendrán el producto terminado, identificando que las propiedades que tendrá el producto al final estarán estrechamente relacionadas con el procesamiento del sustrato más que la composición química que llegue a poseer (Fernández et al, 2020).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Tipo de Investigación

El estudio realizado en la presente investigación fue de tipo experimental y cuantitativa. Fue de carácter experimental, ya que se desarrolló un sustituto para el poliestireno expandido con el uso de residuos agroindustriales, cuyos resultados fueron obtenidos en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Agroindustrial. A su vez se llevó a cabo una investigación cuantitativa ya que se manejaron variables numéricas.

3.2 Diseño de investigación

3.2.1 Unidad Estadística

La unidad estuvo integrada por cuatro residuos provenientes de la agroindustria en donde encontraremos la paja de cebada que es un desecho después de la recolección de la cebada, aserrín el cual se obtiene al tratar transformar un árbol a madera, granza de trigo proveniente de la primera limpieza en la recepción del mismo por último tendremos la cascarilla de trigo siendo un subproducto o desecho obtenido al procesar el grano de trigo.

3.2.2 Población y tamaño de la muestra.

La población tuvo un valor total de 36 muestras analizadas, fue dividida de la siguiente manera para inflamabilidad se realizaron 12 muestras, compresión: 12 y en humedad: 12

3.2.3 Materiales, equipos y reactivos

Tabla 1

Materiales, equipos y reactivos

Material	Equipo e instrumentos	Reactivos e insumos	Materia prima
Recipientes de Plástico	Cabina de flujo laminar	Alcohol etílico al 70 %.	Hongos Ostra. Coca - Orellana.
Tamizadores	Incubadora	Peróxido de hidrogeno al 3 %.	Granza de trigo 22 kg.
Guantes Estériles	Balanza analítica	Agar papa dextrosa.	Paja de Cebada 15 kg.
Estilete	Vidrio Reloj		Aserrín 13 kg.
Moldes de silicona	Autoclave		Harina de trigo 1lb.
Toallas de Papel	Deshidratador (ST-02)		Yeso 1lb.
Papel Aluminio	Controlador de temperatura con termocupla		Micelio masificado 2 kg.
Gasas	Estufa		
Fosforera			

Material	Equipo e instrumentos	Reactivos e insumos	Materia prima
	Mufla		
	Mechero de alcohol		
	Crisoles		
	Maquina Universal de Ensayo		
	Termohigrómetro		
	Calibrador		

3.2.4 Tratamientos para la elaboración de biopolímero

Tabla 2

Formulación para la elaboración de biopolímero

Tratamiento	Tipo de Residuos	Aditivos
T1	Aserrín 40% - Paja de cebada 30% - Granza de trigo 20% - Cascarilla de trigo 10%	Harina de trigo 10% - Yeso 1% - Micelio 3%
T2	Aserrín 50% - Paja de cebada 30% - Granza de trigo 20%	Harina de trigo 10% - Yeso 1% - Micelio 3%
T3	Paja de cebada 50% - Granza de trigo 30% - Cascarilla de trigo 20%	Harina de trigo 10% - Yeso 1% - Micelio 3%
T4	Aserrín 20% - Granza de trigo 50% - Cascarilla de trigo 30%	Harina de trigo 10% - Yeso 1% - Micelio 3%

3.2.5 Diagrama de Procesos

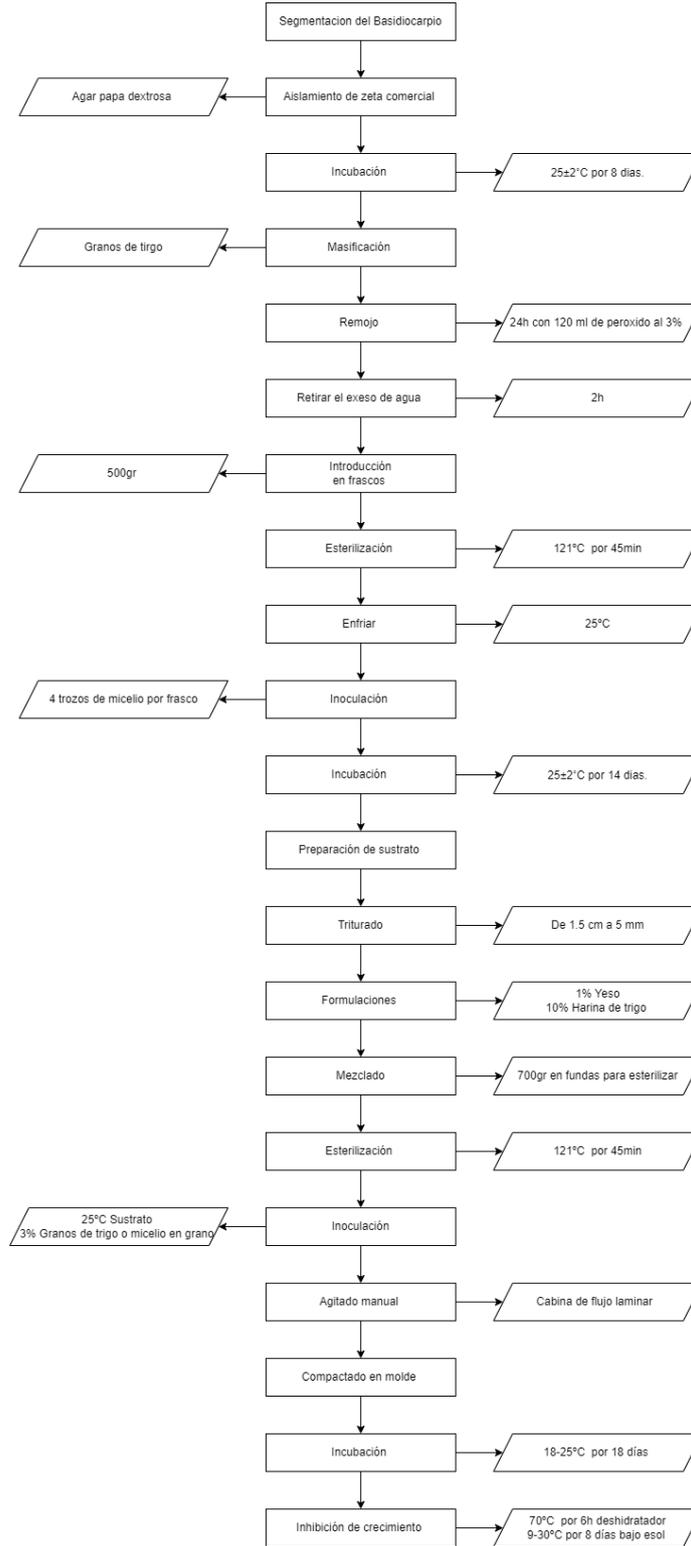


Figura 1

Aislamiento, masificación de micelio de hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en medio de cultivo PDA (Agar papa dextrosa) y conformación de Biomaterial.

3.2.5.1 Descripción del diagrama de flujo.

Segmentación de Basidiocarpo: En una cámara de flujo laminar se procede con la ayuda de un estilete esterilizado a cortar la zeta hasta obtener trozos con un diámetro menor a un centímetro de basidiocarpo para ser colocados en cajas Petri.

Inoculación de zeta comercial: Los trozos obtenidos del corte fueron inoculados en cajas petri las cuales contenían agar papa dextrosa de (PDA).

Incubación: Las cajas Petri que contenían el basidiocarpo fueron colocadas en una incubadora donde se encontraba una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 8 días.

Masificación de micelio: Consiste en inocular parte del micelio y colocarlo en trigo. En este proceso se obtuvo 2000 gramos de trigo

Remojo: Se mantuvo al grano de trigo por 24 horas en 4 litros de agua, añadiendo 120 ml de Peróxido al 3% con el objetivo de eliminar microorganismos unicelulares que se encuentren en el mismo.

Retirar el exceso de agua: Este paso duro 2h hasta que el grano se encuentre con la humedad adecuada comprobado por el método del tacto.

Introducción en frascos: Se adicionaron 500 gramos de trigo húmedo en 4 frasco de vidrio de 700 gramos.

Esterilización: Se utilizó la autoclave donde se introdujeron 4 frascos de 700 gramos por 45 minutos a una temperatura de 121°C .

Retirar el exceso de calor: Esperamos que los frascos lleguen a una temperatura de 25°C al colocarlos en la cámara de flujo laminar por 1 hora.

Inoculación: En la cámara de flujo laminar estéril se realizó la inoculación tomando 4 trozos de 1 cm x 2 cm de micelio que se encuentra en las cajas Petri y los colocamos en cada frasco con trigo estéril.

Incubación: Los frascos de trigo ya inoculados se los deja en una incubadora por 14 días a una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Preparación de Sustrato: Se acudió a un aserradero para la obtención de aserrín, en un molino de trigo se obtuvo un subproducto llamado granza, asimismo en un molino de granos se compró cascarilla de trigo, por último, se trasladó a la parroquia de Licto para recolectar la paja de cebada desperdicio de la cosecha.

Triturado: Los residuos como la cascarilla, granza y aserrín poseían un diámetro adecuado para realizar las formulaciones, por otra parte, la paja al ser la parte fibrosa era larga, pero de textura suave para lo cual se utilizó una cortadora de césped dándole un tamaño adecuado.

Formulaciones: Al obtener los residuos se observó sus características físicas identificando cual era el más idóneo para ir colocándolos en sus diferentes porcentajes en cada tratamiento.

Tabla 3

Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 1

Residuos Orgánicos	Peso fresco %	Peso seco (kg)	% C	% N	Compuesto C	Compuesto N	C/N
Aserrín	40%	0,28	50,65	0,14	0,14	0	361,79
Paja de cebada	30%	0,21	45,00	0,10	0,09	0	450
Granza de trigo	20%	0,14	80,00	1,00	0,11	0	80
Cascarilla de trigo	10%	0,07	75,00	0,50	0,05	0	150
Total	100%	0,7			0,4	0	170,42

En la tabla 3 se observa el tratamiento 1 el cual contiene: Aserrín 40%, Paja de cebada 30%, Granza de trigo 20% y Cascarilla de trigo 10% siendo los residuos agroindustriales que conformaran el sustrato el cual contendrá el valor de 170,42 C/N.

Tabla 4

Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 2

Residuos Orgánicos	Peso fresco %	Peso seco (kg)	% C	% N	Compuesto C	Compuesto N	C/N
Aserrín	50%	0,35	50,65	0,14	0,18	0,00	361,79
Paja de cebada	30%	0,21	45,00	0,10	0,09	0,00	450,00
Granza de trigo	20%	0,14	80,00	1,00	0,11	0,00	80,00
Total	100%	0,70			0,38	0,00	182,75

En la tabla 3 se observa el tratamiento 2 el cual contiene: Aserrín 50%, Paja de cebada 30%, Granza de trigo 20% siendo los residuos agroindustriales que conformaran el sustrato el cual contendrá el valor más alto siendo su relación de 182,75 C/N.

Tabla 5

Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 3

Residuos Orgánicos	Peso fresco %	Peso seco (kg)	% C	% N	Compuesto C	Compuesto N	C/N
Paja de cebada	50%	0,35	45,00	0,10	0,16	0,00	450,00
Granza de trigo	30%	0,21	80,00	1,00	0,17	0,00	80,00
Cascarilla de trigo	20%	0,14	75,00	0,50	0,11	0,00	150,00
Total	100%	0,70			0,43	0,00	136,67

En la tabla 5 encontraremos el tratamiento 3 el cual contendrá: Paja de cebada 50%, Granza de trigo 30% y Cascarilla de trigo 20% siendo los residuos agroindustriales que conformaran el sustrato el cual contendrá el valor de 136,67 C/N.

Tabla 6
Relación Carbono-Nitrógeno: Tratamiento 4

Residuos Orgánicos	%	Peso seco (kg)	% C	% N	Compuesto C	Compuesto N	C/N
Aserrín	50%	0,35	50,65%	0,14%	0,18	0,00	361,79
Granza de trigo	30%	0,21	80,00%	1,00%	0,17	0,00	80,00
Cascarilla de trigo	20%	0,14	75,00%	0,50%	0,11	0,00	150,00
Total	100%	0,70			0,45	0,00	136,86

En la tabla 6 encontraremos el tratamiento 4 el cual contendrá: Aserrín 50%, Granza de trigo 30% y cascarilla de trigo 20% siendo los residuos agroindustriales que conformaran el sustrato el cual contendrá el valor de 136,87 C/N siendo muy similar al obtenido por el Tratamiento 3.

Por medio de las tablas 3, 4, 5 y 6 las que nos indican la relación C-N se pudo apreciar la cantidad que poseía cada uno de los tratamientos siendo los mismo que serán ocupados para identificar el mejor valor para el crecimiento optimo del micelio en el sustrato.

A cada una de las formulaciones se les añadió un porcentaje en referencia a su peso total con un 1% de yeso que aportara a controlar el pH del sustrato y un 10% de harina la cual va a ayudar como fuente de energía para el micelio.

Mezclado: Se realiza una homogenización de la muestra en fundas para autoclave generando 700g de sustrato.

Esterilización: Se colocan las fundas en una autoclave por 45 minutos a una temperatura de 121°C.

Compactado en molde: En cada molde se procedió a colocar una capa de sustrato, luego se inóculo 3% de micelio para posterior a ello terminarlos de cubrir con sustrato y se lo recubrió con una funda de plástico.

Incubación: Los tratamientos obtenidos se colocaron en un invernadero donde su temperatura fue de 19°C por la noche y 25°C por el día este proceso tuvo una duración de 22 días hasta la obtención del bioproducto.

Inhibición de crecimiento: Se sometió a una deshidratadora con una temperatura de 70°C por 6h, también se lo realizo por medio del Sol en un invernadero donde se obtuvieron temperaturas de 9°C hasta 30°C por 8 días donde se llegó a inhibir el crecimiento del micelio.

3.3 Técnica de recolección de datos.

Para la recolección de datos se utilizó una bitácora en la cual se llevaron el registro de los tiempos de incubación del micelio. También se anotó los pesos de los residuos

agroindustriales utilizados juntamente con cada tratamiento realizado. Al finalizar con el proceso se tomó datos físicos del producto realizado

3.4 Variables

Tabla 7

Variables

Variable	Descripción	Categorías
Densidad	Nos brinda información acerca de la masa que tendrá nuestro producto final.	
Porcentaje de humedad	Indicó la cantidad de agua presente en la composición del biomaterial expresada en porcentaje.	
Resistencia a la compresión	Por medio de una máquina de compresión se llevó a cabo las pruebas de compresión	
Inflamabilidad	Indicó la temperatura en la cual el biomaterial llego a generar humo blanquecino indicando su punto de inflamabilidad.	
Granza de trigo	Posterior a la recepción de trigo se realiza una primera limpieza la cual será por aire obteniendo restos de espigas, trigo, polvo y semillas.	T1: 20% T2: 20% T3: 30% T4: 50%
Cascarilla de trigo	Es la separación de la cáscara del grano de trigo el que se realiza por medio de rodillos, siendo un paso para la elaboración de harina.	T1: 10% T3: 20% T4: 30%
Paja de cebada	Subproducto fibroso de la obtención de la cebada altamente disponible en la región.	T1: 30% T2: 30% T3: 50%
Aserrín	Desechos que se obtiene del aserrado de la madera	T1: 40% T2: 50% T4: 20%

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados

En el análisis de los resultados se realizó el aislamiento del hongo para su aplicación en los tratamientos. De igual forma se verificó su masificación, la relación carbono-nitrógeno, conservación, capacidad para la obtención de polímeros, identificación, el consumo de agua y el tratamiento de los datos obtenidos a través de las pruebas mecánicas.

4.1.1 Aislamiento del Hongo

Tabla 8

Aislamiento

N.º caja Petri	Trozos de basidiocarpio	Tiempo (Días)	Temperatura (°C)	Resultado
1	1	8	25±2°C	No hubo crecimiento
2	2	8	25±2°C	Crecimiento
3	2	8	25±2°C	Crecimiento
4	2	8	25±2°C	Crecimiento presencia de moho
5	4	8	25±2°C	Crecimiento

Nota. Solo se llegaron a utilizar las cajas 2, 3 y 5, ya que fueron las que tuvieron un mejor crecimiento de micelio.

Como se observa en la tabla 8, el aislamiento del hongo se estableció con un medio de cultivo PDA durante 8 días a una temperatura media de 25±2°C, determinando un crecimiento del micelio de forma eficiente en las cajas 2, 3 y 5. Fernández et al. (2020) mencionan que al utilizar un ambiente controlado a H°75% y T 25°C con recambio de aire por 21 días de incubación indican un crecimiento prolongado del micelio a diferencia de Colmenares et al. (2018) que obtuvieron un crecimiento eficiente a los 10 días a 27±2°C.

4.1.2 Masificación de micelio

Tabla 9

Masificación

Nº de frascos	Trigo (g)	Temperatura (°C)	Tiempo (días)
4	500	25±2	14

De acuerdo a la tabla 9, el grano de trigo utilizado para su masificación se colonizó al día 14 con una temperatura constante de 25±2°C que determinó una acción efectiva del micelio en el proceso. Colmenares et al. (2018) indican que con la misma temperatura utilizando granos de sorgo se obtienen características parecidas a los 15 días. de esta forma Elsacker et al. (2019) establecen que al utilizar polvo y paja de trigo a 28°C el uso de 10% de micelio permite obtener una masificación eficiente mediante el aislamiento térmico.

4.1.3 Relación Carbono – Nitrógeno

Como se identificó en la tabla 3, la relación carbono y nitrógeno de cada uno de los tratamientos determinó que T2 obtuvo valor de 182,75 en el sustrato siendo el más óptimo para el crecimiento del micelio. Pinos (2020) analiza que el hongo ostra puede establecerse de forma óptima en una relación C-N de 30 – 300 indicando que mientras estos valores sean mayores es más adecuado para el micelio. Espinoza y Pazmiño (2016) determinan que los sustratos con mayor eficiencia en el proceso de crecimiento del micelio son la cáscara de café y el tamo de cebada ya que demuestra un producto compacto con características mecánicas y físicas de calidad en relación al carbono y nitrógeno, cabe recalcar que Hernández et al. (2021) mencionan que para *G. lucidum* la relación C/N no afecta significativamente la producción de biomasa a concentraciones altas, mientras que a concentraciones bajas la relación C/N sí la afecta. Comparando los resultados de la investigación se encontró que la relación C-N se encuentra en un rango intermedio al mencionado.

4.1.4 Datos de conservación del Hongo

Realizado los análisis en el estudio el micelio masificado se conservó a una temperatura de 4°C para inhibir su crecimiento y verificar la calidad con respecto a las condiciones de refrigeración.

4.1.5 Obtención de Biopolímero

Tabla 10

Biopolímero

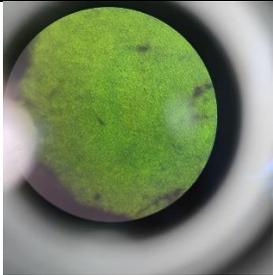
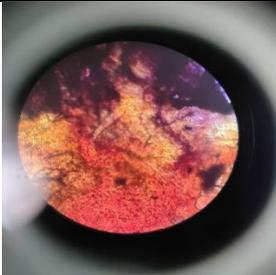
Tratamiento	Cantidad	Tiempo (días)	Temperatura
T1 – T2 – T3 – T4	4	22	Día: 25±2°C Noche: 19±2°C

De acuerdo a la tabla 11, la obtención del biopolímero se estableció a los 22 días entre 25°C a 19°C. Colmenares et al. (2018) difiere de estos resultados ya que obtuvo un crecimiento a los 18 días con una temperatura constante de 25±2°C, de igual forma Fernández et al. (2020) establece que a los 21 días a una temperatura de 25°C el micelio comienza a formar la estructura del biopolímero. Gutiérrez et al. (2021) indica que en la incubación del microorganismo *fungus micellium (ganoderma lucidum)* por 30 días a una temperatura de 26° C determina un material compacto en la formación del biomaterial.

4.1.6 Identificación de tipos de Moho

Tabla 11

Tipos de Moho

Moho Verde	Moho Rojo
	
<p>Nombre: <i>Penicillium chrysogenum</i></p> <p>Genera una pudrición en el producto.</p>	<p>Nombre: <i>Rhizopus stolonifer</i></p> <p>Genera una pudrición en el producto.</p>

Se visualizó al octavo día de la prueba con presencia de microorganismos extraños específicamente con cepas de *Penicillium chrysogenum* y *Rhizopus stolonifer*. Vargas (2020) menciona que la presencia de este microorganismo ocasiona la degradación de la lignina y la celulosa que llegué a estar presente en cada tratamiento siendo un problema para el resultado final ya que afecta la resistencia del biomaterial, Jiménez (2018) también observó que en procesos de biodegradación con *Pleurotus ostreatus* sin importar los pretratamientos para esterilizar los materiales puede originar la presencia de *trichoderma spp* que afecta las propiedades del micelio y su actividad en el proceso de obtención de los biopolímeros.

4.1.7 Litros de agua ocupados para cada tratamiento

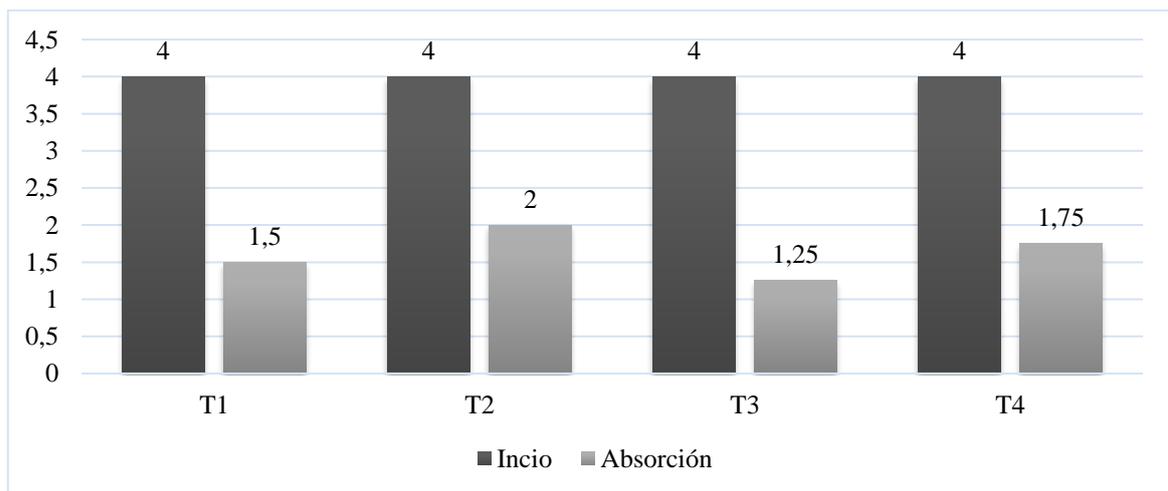


Figura 2

Absorción

De acuerdo a la figura 2, la cantidad de agua utilizada en cada tratamiento después de 24 horas estableció que el T3 (Paja de cebada 50%, Granza de trigo 30% y Cascarilla de trigo 20%) fue el que menor, con un consumo de 1.25 litros, mientras que T2 fue el que más

liquido retuvo con 2 litros. Estos resultados se equipara a Espinoza y Pazmiño (2017) que analizan al micelio como componente para la obtención de materiales biodegradables. Aristizábal (2022) indica que este comportamiento se puede deber al micelio debido a que demanda grandes cantidades de agua de una manera rápida y sus compuestos son típicamente higroscópicos lo que ocasiona un mayor consumo, cabe destacar que este efecto puede variar por el tipo de sustrato utilizado.

4.2 Análisis estadístico

En la tabla 12 se analizan los datos de las pruebas aplicadas a los cuatro tratamientos, a continuación, se indican los resultados;

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) de los tratamientos sustitutos de poliestireno

Indicadores	Tratamientos %				E.E.	p-valor	
	T1	T2	T3	T4			
Densidad	168,86 ^a	160,36 ^b	135,40 ^c	149,74 ^d	4,01	0,000	
Inflamabilidad	264 ^a	266,4 ^a	270 ^a	270 ^a	1,28	0,290	
Humedad	7,66 ^a	7,88 ^a	16,64 ^b	8,19 ^a	1,15	0,000	
Compresión	1%	0,24 ^a	0,28 ^a	0,34 ^a	0,78 ^b	0,07	0,005
	5%	5,16 ^a	4,76 ^a	3,56 ^a	6,48 ^a	0,43	0,092
	10%	18,06 ^b	14,10 ^{a,b}	11,80 ^a	14,22 ^{a,b}	0,78	0,009

Nota. a, b, c comparación de medias con tukey al $p > 0.05$ de significancia.

Como se observa en la tabla 12, el análisis de la densidad (Kg/cm³), humedad (%) y compresión (KPa) al 1% y 10% presentaron diferencias muy significativas ($p < 0.05$) que demuestra la incidencia de los sustratos en todos los tratamientos durante las pruebas de estudio, a diferencia de la inflamabilidad y la compresión al 5% que no demostraron significancias.

4.2.1 Densidad

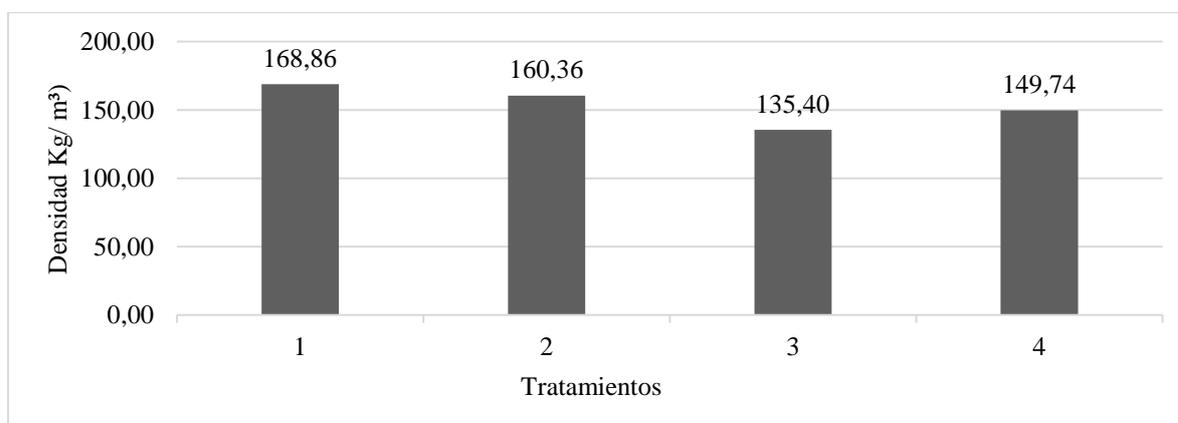


Figura 3

Densidad

Para el análisis de la densidad en la tabla 12 se establece que existió diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4, indicando que T1 obtuvo un mayor valor con $168,86 \text{ Kg/m}^3$, determinando que la adición de aserrín al 40%, paja de cebada 30%, granza de trigo 20% y cascarilla de trigo 10% inciden directamente en la densidad del biopolímero.

Con una media de $168,86 \text{ Kg/m}^3$ la formulación con 40%, paja de cebada 30%, granza de trigo 20% y cascarilla de trigo 10% se indica valores superiores con respecto a la norma chilena NCh 1070 que establece los parámetros de calidad para el poliestireno expandido el cual menciona tres tipos de productos; Tipo a de $8 - 10 \text{ Kg/m}^3$, Tipo b $10-20 \text{ Kg/m}^3$ y Tipo c 20 Kg/m^3 . Gallegos (2022) analiza que, al utilizar fibras más finas como la cascarilla de arroz, viruta y el aserrín se obtiene una densidad mucho menor de hasta 0.4g/cm^3 . Sinailín y Titusunta (2022) difieren de estos datos ya que al utilizar dos tipos de micelio (*Pleurotus ostreatus*) y (*Ganoderma lucidum*) con sustratos como la cebada y el trigo determinan una densidad de hasta 0.15g/cm^3 con una menor resistencia, de acuerdo a la investigación los resultados obtenidos indican un producto con una mayor densidad hacen efectivo el proceso de obtención de un sustituto para el poliestireno expandido.

4.2.2 Inflamabilidad

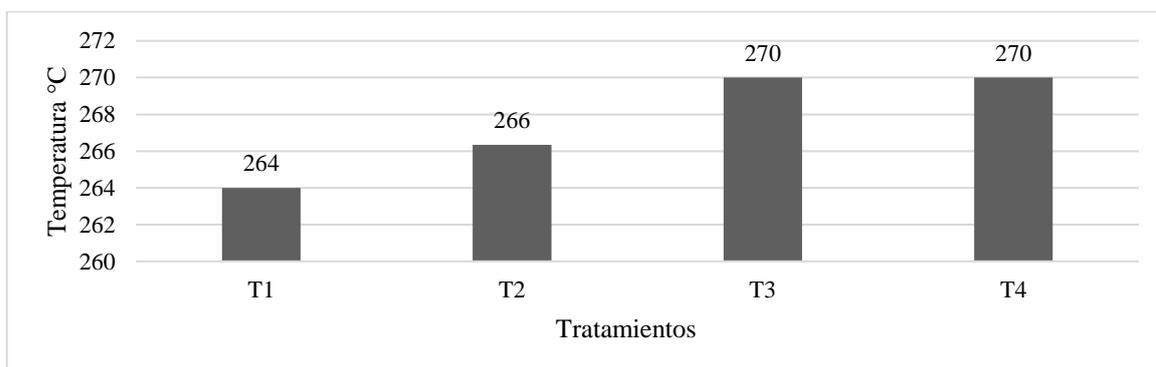


Figura 4
Inflamabilidad

En relación a la prueba de inflamabilidad que se llevó a cabo según lo descrito por Colmenares et al. (2018) no se estableció diferencias significativas con $p=0.29$ que no indica una variabilidad entre las muestras. Cabe destacar que los tratamientos T3 y T4 obtuvieron una mayor temperatura (270°C) que determina un mayor grado para presentar signos de combustión.

Las formulaciones T3 y T4 alcanzaron un máximo de 270°C para empezar a combustionar. Colmenares et al. (2018) establece datos similares ya que al utilizar una mezcla de pasto, bagazo, cascarilla y aserrín en sus pruebas se alcanzó un máximo de 260°C , lo que determina una mayor calidad en relación a estos tipos de sustratos como lo recalca Saltos (2015) que en este tipo de materiales sintéticos la resistencia térmica es de hasta $100-110^\circ\text{C}$. De acuerdo a los estudios la inflamabilidad obtenida permite determinar una mayor

calidad debido a la acción del micelio en el proceso de producción de un sustituto para el poliestireno expandido frente a otros productos tradicionales con respecto a la norma norma ASTM 578-04.

4.2.3 Humedad

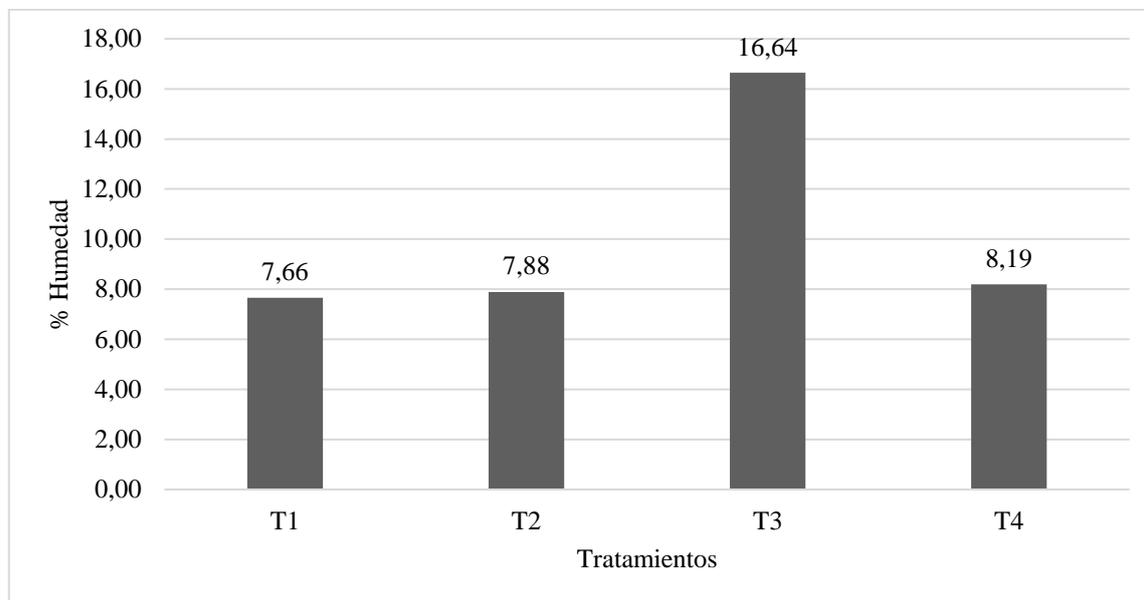


Figura 5

Humedad

Como se observa en la tabla 12, existieron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4, indicando que T3 obtuvo una mayor concentración de humedad con 16.64%, determinando que la paja de cebada (50%) con la granza de trigo (30%) y la cascarilla de trigo (20%) influyen directamente a la obtención de humedad por la actividad del micelio, cabe establecer que T1 obtuvo una menor humedad con 7.66%.

En la figura 5 se determinó que T1, T2 y T4 obtuvieron un rango de humedad más bajo en contraposición a T3 que tiene un valor demasiado alto (16%). Como lo indican Colmenares et al. (2018) en el estudio se aplicó la norma ASTM 578-04 la estableció que la humedad en este tipo de material debe ser de 4% como máximo, por lo se establece que los cuatro tratamientos no cumplen con esta especificación. Gallegos (2022) menciona que la humedad juega un papel muy importante debido a que este se encuentra ligado al crecimiento micelial y un alto contenido de humedad puede generar contaminaciones en el producto final y afectar la estructura del mismo antes de utilizarse.

4.2.4 Compresión

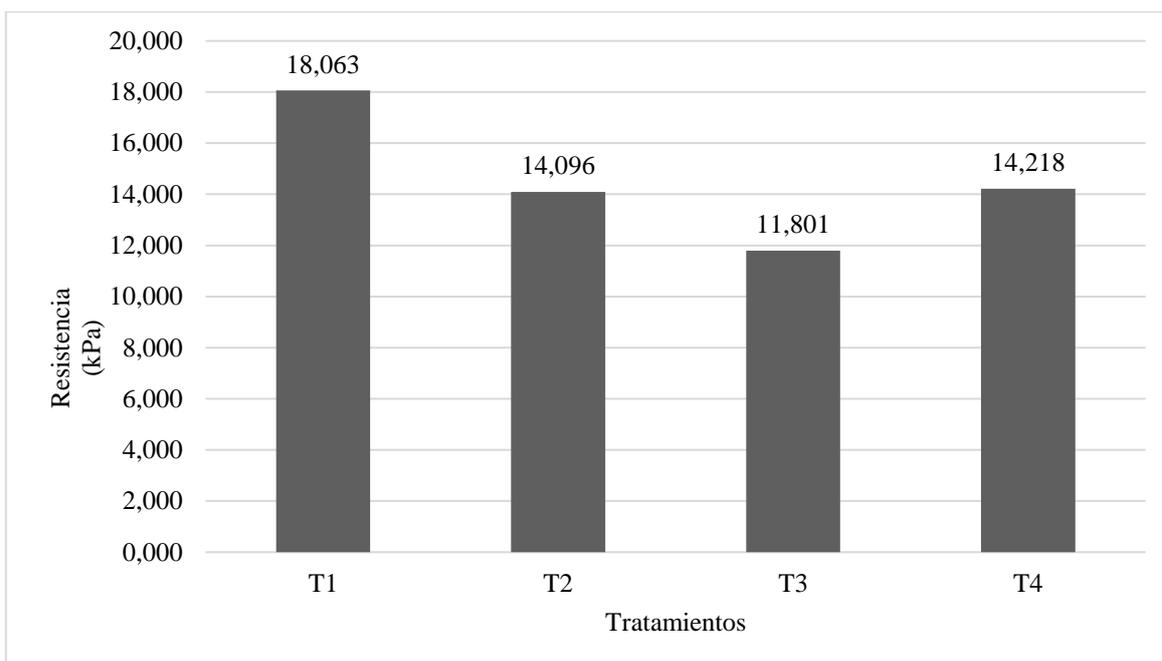


Figura 6

Compresión

De acuerdo a la tabla 12, la prueba de compresión estableció que la aplicación de 1 y 10% de fuerza (kPa) evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos donde se indica a T4 y T1 con una mayor resistencia con 0.78 kPa y 18.06 kPa respectivamente. Cabe mencionar que al ejercer un 5% de fuerza no se evidenció significancias ($p=0.092$).

Como se observa en la figura 6, el esfuerzo aplicado por la máquina que permitió comprimir las muestras determinó que el tratamiento T1 a una fuerza del 10% obtuvo mejores resultados con un valor de 18,06kPa. Sinailín y Titusunta (2022) mencionan que el sustrato puede afectar la resistencia del producto final y la incidencia del tipo de micelio puede influir en la compresión ya que en su estudio verificaron que las cepas de (*Pleurotus ostreatus*) y (*Ganoderma lucidum*) con el uso de trigo y cebada se diferenciaron significativamente, de igual forma Colmenares et al. (2018) establece que el tiempo de crecimiento del micelio puede influir en la compresión mecánica. Cabe recalcar que la norma ASTM D1621 aplicada indicó que el poliestireno alcanza valores de 180.6 kPa al 10% de su compresión. Estos resultados determinan que el sustituto obtenido del poliestireno no cumple con la normativa y este efecto puede ser producto del sustrato utilizado y al tiempo de crecimiento del micelio ya que existen estudios que demuestra etapas de crecimiento e incubación de hasta 30 días.

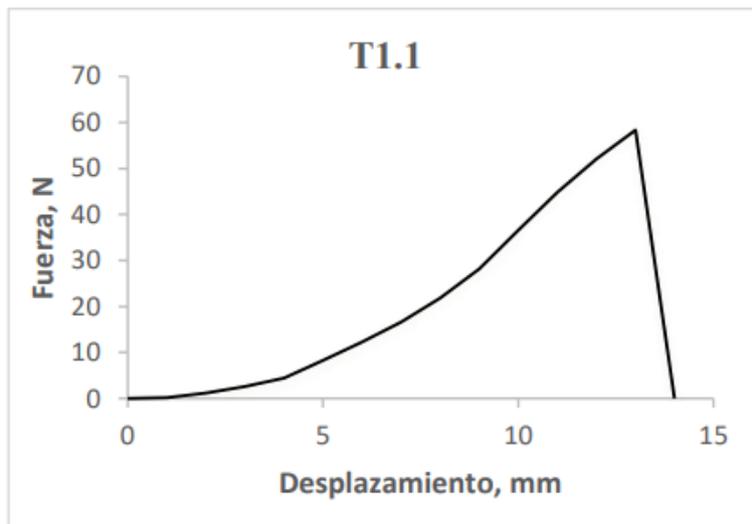


Figura 7
Curva de Compresión

Al realizar la prueba se obtuvo diferentes curvas las cuales indican la fuerza que se ejerció por cada mm en las muestras, obteniendo los datos del tratamiento T1.1 el cual generó un desplazamiento uniforme hasta soportar un mayor esfuerzo (10%) de compresión como se observa en la figura 7.

4.3 Alternativa biodegradable de empaques para transporte y embalaje

Para la elección del mejor tratamiento se utilizaron los seis criterios con respecto a las pruebas físicas y mecánicas, indicando que para la relación Carbono-Nitrógeno mejor tratamiento fue T1 con 182,75 que estableció un mejor crecimiento, para la absorción del agua se determinó que el T3 fue el que menor nivel con agua absorbida (1.25L) con una capacidad de retención, con respecto a la densidad se encontró que T1 obtuvo un mejor valor (168,86g/cm³), en relación a la inflamabilidad los Tratamientos T3 y T4 soportaron una mayor temperatura (270°C), mientras que para la humedad T1 demostró una menor cantidad de agua ligada a su estructura alargando su conservación, por último la compresión estableció que la formulación T1 a un 10% de fuerza fue la más resistente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se identificó que el que el hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) posee una similitud con la forma de las raíces, de color blanco su crecimiento se da en medios donde el nivel de C/N es alto, con respecto al ambiente que necesita para su crecimiento este se da a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ determinando que su aislamiento e incubación se realiza por 8 días, la masificación e incubación por 14 días, la conservación a de micelio se da a 4°C y su incubación para obtener el producto final fue en el día $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y la noche $19 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 22 días.
- Se comprobó que la mejor combinación entre los 4 tratamientos de biomateriales para la elaboración del sustituto de poliestireno expandido fue la formulación T1 que posee en su sustrato aserrín al 40%, paja de cebada al 30%, granza de trigo al 20% y cascarilla de trigo al 10%.
- Se elaboró una alternativa biodegradable de empaques para el transporte, donde se utilizaron seis criterios para obtener un mejor resultado con respecto a las pruebas físicas y mecánicas como la relación carbono-nitrógeno, absorción del agua, densidad, inflamabilidad, la humedad y la compresión que estableció a la formulación T1 como la más óptima en el proceso de investigación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para esterilizar el sustrato no utilizar fundas de esterilización con lamina de papel ya que puede generar una contaminación en el producto.
- Limpiar muy bien el lugar donde se va a incubar el biopolímero ya que en su comienzo el micelio es muy sensible a microorganismos aerobios y mohos.
- Controlar la humedad del proceso para que no se genere contaminación por las moscas y el sustrato no llegue a podrirse.
- Seguir mejorando la técnica para que se llegue a obtener el producto final en un menor tiempo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abril Aguilar, A. E. (2022). PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA *Pleurotus ostreatus* A PARTIR DE RESIDUOS DE CAFÉ (*Coffea arábica*) PROVINCIA DEL AZUAY. CANTÓN SANTA ISABEL. COMUNIDAD GUAYARA. *Universidad Católica de Cuenca*.
- Aristizábal, G. S. (5 de Julio de 2022). *Desarrollo de un sustituto al poliestireno a partir de residuos agroindustriales colombianos y micelio de un hongo comercial*. repository.eia.edu.co: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/5267?locale-attribute=en>
- Aristizábal, S. (4 de Enero de 2022). *DESARROLLO DE UN SUSTITUTO AL POLIESTIRENO A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COLOMBIANOS Y MICELIO DE UN HONGO COMERCIAL*. repository.eia.edu.co: https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/5267/AristizabalSofia_2022_DesarrolloSustitutoPoliestireno.pdf?sequence=10&isAllowed=y
- Arthuz, L., & Pérez, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Revista Informador Técnico*, 5.
- Bohorquez, B., & Ramirez, N. (2015). Desarrollo y caracterización de un material biodegradable a partir de desechos cerveceros y micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*. *Universidad de los Andes*, 1-25.
- Cañas, G., Ezio, O., Giuliana, R., & Velazco, A. (7 de Diciembre de 2017). *Producción de poliestireno expandido y extruido*. ria.utn.edu.ar: <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/6056>
- Camacho, C. (2017). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de envases biodegradables para productos alimenticios en bogota. In *Fundación Universidad de América* (Vol. 6). <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/864/1/3112448-2017-1-ll.pdf>
- Cerón, M., Santos, I., Sanchez, E., Rangel, I., Rodriguez, E., Ibarra, A., & Israel, S. (2021). Hongos comestibles : Un ingrediente alternativo en la formulación de productos cárnicos. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
- Colina, A. (18 de Mayo de 2022). *Micelio: las hifas del hongo que pueden sustituir al plástico*. www.infopacklatino.com: <http://www.infopacklatino.com/es/noticia/micelio-las-hifas-del-hongo-que-pueden-sustituir-al-plastico#:~:text=En%20lugar%20de%20descomponerse%20en,que%20se%20basan%20en%20poliestireno.>
- Colmenares, E., Bautista, L., & Oliveros, C. (27 de Junio de 2018). *MATERIAL ECOLÓGICO CON FINES DE EMBALAJE A PARTIR DEL HONGO *Pleurotustostreatus* Y RESIDUOS ORGÁNICOS AGROINDUSTRIALES*. researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/328412004_Material_ecologico_con_fine

- s_de_embalaje_a_partir_del_hongo_Pleurotus_ostreatus_y_residuos_organicos_agroindustriales
- Coello, E. (2016). Propuesta de implementación de un plan estratégico en la empresa “ecubeta” dedicada a la fabricación y comercialización de bandejas para huevos a partir de papel reciclado en la provincia de tungurahua trabajo. In *Bulletin of the Seismological Society of America* (Vol. 106, Issue 1). <http://www.bssaonline.org/content/95/6/2373%5Cnhttp://www.bssaonline.org/content/95/6/2373.short%0Ahttp://www.bssaonline.org/cgi/doi/10.1785/0120110286%0Ahttp://gji.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/gji/ggv142%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/s00024-01>
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.ns.2017.530>
- C., Agropecuaria, I., Paulina, K., Coello, P., Orly, I., & Cevallos Falquez, F. (s/f). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO*. Edu.ec. Recuperado el 18 de julio de 2023, de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/792c100c-fd64-4063-95d9-70f04bab6bf6/content>
- DOEE. (2020). Preguntas frecuentes. *Prohibición de Venta de Espuma Al Por Menor*, 6, 2. https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/service_content/attachments/Retail Foam Ban - Frequently Asked Questions- Spanish - español.pdf
- Elsacker, E., Vandelook, S., Van Wylick, A., Van Wylick, A., De Laet, L., & Peeters, E. (2020). A comprehensive framework for the production of mycelium based lignocellulosic composites. *Science of the Total Environment*.
- Espinosa, A., & Pazmiño, V. (4 de Mayo de 2016). *Elaboración de productos agroindustriales a partir de (Pleurotus ostreatus, djamor), como alternativa al poliestireno expandido*. [dspace.udla.edu.ec: https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5483/1/UDLA-EC-TIAG-2016-15.pdf](https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5483/1/UDLA-EC-TIAG-2016-15.pdf)
- Espinosa, A., & Pazmiño, V. (4 de Julio de 2016). *Elaboración de productos agroindustriales a partir de (Pleurotus ostreatus, djamor), como alternativa al poliestireno expandido*. [dspace.udla.edu.ec: https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5483/1/UDLA-EC-TIAG-2016-15.pdf](https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5483/1/UDLA-EC-TIAG-2016-15.pdf)
- Feijóo, K., Bermúdez, S., Rebolledo, Figueroa, J., Zamora, P., & Naranjo, L. (2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura*, 16.
- Fernández, N. (2020). Materiales biopoliméricos desarrollados a partir de micelio y residuos lignocelulósicos. Estado de la técnica actual y perspectivas de aplicación en el campo del hábitat. *AJEA*, 2(2), 6.
- Fernández, N., Gaggino, R., Positieri, M. J., & Kreiker, J. (2020). Materiales biopoliméricos desarrollados a partir de micelio y residuos lignocelulósicos. Estado de la técnica actual y perspectivas de aplicación en el campo del hábitat. *AJEA*.
- Flores Vela, M. E. (2021). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL HONGO OSTRAS. *Universidad Politécnica Salesiana*.

- Fuentes-Cantillana, I. (2020). *Bio Fabricación: Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos*. 116
- Garcés- Granada, E., Correa de Restrepo, M., Cova de Gutierrez, B., Orozco de Amézquita, B., Zapata, A., Anacona-Chingana, A., & Sbogal, S. (2015). Morfología y Clasificación de los Hongos. *Departamento De Biología Facultad De Ciencias Universidad Nacional De Colombia*, 01–103. http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Morfologia_y_Clasificacion_de_los_Hongos/Morfologia_y_clasificacion_de_los_hongos_libro.pdf
- Gallegos, B. A. (5 de Julio de 2022). *Aplicación de micelio de hongo Pleurotus ostreatus en diferentes residuos lignocelulósicos para la obtención de biomateriales*. repositorio.continental.edu.pe: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12024/2/IV_FIN_107_TE_Gallegos_Belisario_2022.pdf
- Gavilanes, I. (2016). Sostenibilidad del sector agroindustrial del Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos. *Universidad Miguel Hernandez de Elche*, 199.
- Gutiérrez, D. E., Hernández, D. E., Estrada, F. A., Álvarez, C. J., Romo, L., & Mendoza, B. (2021). Biomaterial obtained from fungus micellium (ganoderma lucidum) and agricultural wastes. *South Florida Journal of Development*, 2(3), 19.
- Gutiérrez, E., Hernández, E., Estrada, A., Álvarez, J., Romo, L., & Mendoza, B. (2021). Biomaterial obtenido a partir de micelio de hongo (ganoderma lucidum) y residuos agrícolas. *South Florida Journal of Development*, 19.
- INEC. (2016). Información ambiental en hogares. *Instituto nacional de estadísticas y censos*. <https://ecuadorcifras.gob.ec>
- Jiménez, F. (2 de Noviembre de 2018). *Elaboracion de un material biologico a partir del hongo pleurptus ostreatus para su utilizacion en aplicaciones de ingenieria*. repositorio.sibdi.ucr.ac.cr: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/8603/1/43906.pdf>
- Kuhar, F., & Castiglia, V. (2013). Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos. *Biológica*, 51.
- Kwakwa, V., & Garcia, A. (6 de Abril de 2021). *Los residuos plásticos son una amenaza creciente y una oportunidad desperdiciada*. blogs.worldbank.org: <https://blogs.worldbank.org/es/voces/residuos-plasticos-creciente-amenaza-y-oportunidad-desperdiciada>
- Labeaga, A. (2018). Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. *Uned*, 45–47.
- Montoya, Á. (4 de Julio de 2022). *DESARROLLO DE UN SUSTITUTO AL POLIESTIRENO A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COLOMBIANOS Y MICELIO DE UN HONGO COMERCIAL*. repository.eia.edu.co: https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/5267/AristizabalSofia_2022_DesarrolloSustitutoPoliestireno.pdf?sequence=10&isAllowed=y
- Ocegueda, D. (1 de Mayo de 2021). *Bioplástico por biodesarrollo micelial de Pleurotus ostreatus en sustratos de residuos lignocelulósicos de encino (Quercus castanea né)*

- y *olote de maíz (Zea mays)* . bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6379/FITECMA-M-2021-1529.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinos, K. (4 de Enero de 2020). *APROVECHAMIENTO DE HONGOS (Pleurotus ostreatus) EN LA DEGRADACIÓN LIGNOCELULÓSICA DE RESIDUOS DE COSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE ABONO ORGÁNICO, EN LA ZONA DE MOCACHE*. repositorio.uteq.edu.ec:
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/792c100c-fd64-4063-95d9-70f04bab6bf6/content>
- Pedraza, C. (2019). Caracterización de la fibra del psuedo tallo de plátano como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas. In *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*.
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT_1401.pdf
- Pineda-insuasti, J. A., Ramos-sánchez, L. B., & Soto-arroyave, C. P. (2017). Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 48(2), 13–23.
- Riera, M. A., Maldonado, S., & Palma, R. (2018). Residuos industriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Ingeniería Industrial*, 227 - 246.
- Romero, E., Perez, K., & Tamara, L. (2017). CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y MICROSCÓPICAS DE HONGOS. *ACADEMIA*.
- Romero, H. (2022). Producción de hongos comestibles “ *Pleurotus ostreatus* ” utilizando como sustrato los residuos agrícolas de cosecha en la Empresa Agro Industrial. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 81.
- Salas Canales, H. J. (2018). Marketing ecológico: La creciente preocupación empresarial por la protección del medio ambiente. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 15(15), 151–170.
- Salto, B. P. (1 de Julio de 2015). *Diseño del proceso de reciclaje de poliestireno expandido por el metodo de disolucion-precipitacion* . bibdigital.epn.edu.ec:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11077/1/CD-6384.pdf>
- Sinailín, K., & Titusunta, D. (21 de Marzo de 2022). *DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL BIODEGRADABLE OBTENIDO CON MICELIOS DE PLEUROTUS OSTREATUS Y GANODERMA LUCIDUM UTILIZANDO RASTROJO DE CEBADA Y RASTROJO DE TRIGO COMO SUSTRATO* . dspace.ups.edu.ec:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22169/1/UPS%20-%20TTS655.pdf>
- Sopo, V., Vásquez, L., & Morales, D. (5 de Julio de 2021). *ELABORACIÓN DE UN BIOMATERIAL ALTERNO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO POR MEDIO DE BIOMASA FÚNGICA Y RESIDUAL*. www.car.gov.co:
<https://www.car.gov.co/uploads/files/63dc293f0e6c2.pdf>
- Téllez, A. (5 de Julio de 2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá*. Repositoriouniversidadnacionaldecolombia: <https://docplayer.es/2259821-La-complejidad-de-la-problemativa-ambiental-de-los-residuos-plasticos-una-aproximacion-al-analisis-narrativo-de-politica-publica-en-bogota.html>

- Thieman, W., & Palladino, M. (2017). Introducción a la Biotecnología. In *Pearson Educacion*.
- Vargas, Y., & Pérez, L. (2018). APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14.
- Zamora, F. (2021). RESIDUOS DE LA FIBRA TEXTIL VEGETAL DE ALGODÓN MÁS RESIDUOS DE POSCONSUMO DOMICILIARIO AGLOMERADOS CON MICELIO DE HONGO PLEUROTUS OSTREATUS. *Universidad de Chile*.

7. ANEXOS

7.1 Aislamiento del Hongo



7.2 Crecimiento de hongo en PDA



7.3 Masificación del Hongo en granos de trigo



7.4 Inoculación del hongo en Tratamientos



7.5 Biomaterial en Invernadero



7.6 Deshidratación



7.7 Producto Final



7.8 Datos

7.8.1 Densidad

	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (g)	Radio (cm)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Densidad (kg/m ³)	Medias
T1.1	6,82	12,83	79	3,41	468,83	0,169	168,51	168,86
T1.2	6,73	13,26	80	3,37	472,26	0,169	169,40	
T1.3	6,75	13,139	79,19	3,37	469,48	0,169	168,68	
T2.1	6,89	13,2	79	3,44	492,01	0,161	160,56	160,36
T2.2	6,78	13,17	77	3,39	474,78	0,162	162,18	
T2.3	6,88	13,191	77,72	3,44	490,82	0,158	158,35	
T3.1	6,88	11,83	59	3,44	440,05	0,134	134,07	135,40
T3.2	6,69	12,71	59	3,34	446,24	0,132	132,22	
T3.3	6,71	11,912	59	3,36	421,73	0,140	139,90	
T4.1	6,88	13,11	72	3,44	487,24	0,148	147,77	149,74
T4.2	6,80	13,08	72	3,40	475,02	0,152	151,57	
T4.3	6,84	13,085	72	3,42	480,39	0,150	149,88	

7.8.2 Inflamabilidad

T (min)	Temperatura (°C)			
	T1	T2	T3	T4
4	260	260	270	270
5	271	271	270	270
5	261	268	270	270

7.8.3 Humedad

Humedad	Media
T1	7,29
T1(2)	7,96
T1(3)	7,73
T2	7,10
T2(2)	8,42
T2(3)	8,13
T3	17,23
T3(2)	16,24
T3(3)	16,46
T4	8,32
T4(2)	8,00
T4(3)	8,25

7.8.4 Compresión

Tratamiento	Carga N			Esfuerzo kPa			Altura			Diámetro mm
	1%	5%	10%	1%	5%	10%	1%	5%	10%	
T1.1	0,44	14,27	57,76	0,120	3,905	15,807	1,28	6,41	12,83	68,21
T1.2	1,24	25,62	71,38	0,348	7,194	20,042	1,33	6,63	13,26	67,34
T2.1	1,64	18,8	50,29	0,440	5,044	13,492	1,32	6,60	13,20	68,89
T2.2	0,64	16,41	54,57	0,178	4,552	15,137	1,32	6,59	13,17	67,75
T3.1	1,14	12,28	39,45	0,306	3,301	10,605	1,18	5,91	11,83	68,82
T3.2	1,39	13,83	49,6	0,396	3,939	14,127	1,27	6,36	12,71	66,86
T4.1	3,83	30,44	56,86	1,031	8,190	15,299	1,31	6,56	13,11	68,79
T4.2	2,48	18,95	49,1	0,683	5,218	13,520	1,31	6,54	13,08	68