

**Evaluación de hongos sembrados en laboratorio para el aprovechamiento y creación de un
sustituto del poliestireno expandido**

PRESENTADO POR:

DIANA CAROLINA TORRES MICAN

NICOLÁS PEÑUELA JUNCA

PRESENTADO A:

LINA MARIA CHACON RIVERA

UNIDAD DE ESTUDIO:

PROYECTO DE GRADO

UNIVERSIDAD EAN

BOGOTÁ D.C

2023

TABLA DE CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	5
Introducción	5
Objetivo general.....	6
Objetivos Específicos.....	7
Definición del problema	7
Justificación	9
Análisis de requerimientos.....	9
Especificaciones técnicas	15
Marco de referencia	17
Poliestireno expandido	17
Hongos	21
Análisis de restricciones	25
Metodología	31
Análisis de costos.....	35
Resultados y discusión.....	37
<input type="checkbox"/> Etapa de Pre-crecimiento:	37
<input type="checkbox"/> Etapa de crecimiento en molde:	48
<input type="checkbox"/> Crecimiento fuera del molde:.....	56
Análisis de impacto plan de implementación	58
Conclusiones	64
Referencias Bibliográficas	66
ANEXO 1.....	72
ANEXO 2.....	72

LISTA DE TABLA

Tabla 1. Propiedades físicas del poliestireno expandido	19
Tabla 2. Restricciones y análisis	26
Tabla 3: Tabla de costos totales y cálculo de la eficiencia	36
Tabla 4: Probabilidad de ocurrencia	59
Tabla 5: Magnitud relativa.....	60
Tabla 6: Incidencia no cuantificable	60
Tabla 7: Nivel de vulnerabilidad.....	61
Tabla 8: Duración	61
Tabla 9: Calificación de importancia (CA).....	62

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Micelio de Orellana	38
Ilustración 2 Micelio de champiñón blanco.....	38
Ilustración 3: Sustrato de Orellana.....	39
Ilustración 4: Sustrato de champiñón blanco	39
Ilustración 5: Mezcla prueba 1.....	41
Ilustración 6: Fase 1 finalizada en prueba 1.....	42
Ilustración 7: Cantidad agua para prueba 2.....	42
Ilustración 8: Cantidad de harina para prueba 2	43
Ilustración 9: Mezcla final de prueba 2.....	43
Ilustración 10: Cantidad de agua para prueba 3.....	44
Ilustración 11: Cantidad modificada de harina de trigo para prueba 3	44
Ilustración 12: Peso final mezcla de prueba 3	45
Ilustración 13: Peso final de la prueba 4.....	46
Ilustración 14: Peso final de la prueba 5.....	47
Ilustración 15: Peso final de la prueba 6.....	47
Ilustración 16: Moldes preparados para inicio de la fase 2.....	49
Ilustración 17: Prueba 3 al inicio de la fase 2	49
Ilustración 18: Adición de harina de trigo a la prueba 3.....	50
Ilustración 19: Prueba 2 para iniciar la fase 2.....	51
Ilustración 20: Prueba 2 ya puesta en los moldes correspondientes	51
Ilustración 21: Prueba 1 para iniciar fase 2.....	52
Ilustración 22: Prueba 1 ya puesta en los moldes correspondientes	52
Ilustración 23: Prueba 6 para iniciar fase 2.....	53
Ilustración 24: Prueba 6 lista en los moldes correspondientes	53
Ilustración 25: Prueba 2 para iniciar la fase 2.....	54
Ilustración 26: Prueba 2 ya puesta en los moldes correspondientes	54
Ilustración 27: Prueba 1 para iniciar la fase 2.....	55

Ilustración 28: Totalidad de pruebas en sus moldes correspondientes	55
Ilustración 29: Prueba 5 en molde momentos antes de ser retirada de esta	56
Ilustración 30: Prueba 5 momentos después de ser retirada del molde	57
Ilustración 31: Prueba 3 ya retirada del molde y manteniendo la estructura correspondiente	57
Ilustración 32: Prueba 3, momentos después de ser retirada	58

Resumen Ejecutivo

La obtención de la materia prima necesaria para la elaboración de Poliestireno expandido seguido del proceso de fabricación y la disposición final, representan un impacto negativo de importancia al bienestar humano y ambiental. Sin embargo, se es evidente la preferencia de este material para servir o empaquetar alimentos pues sus propiedades permiten mantener la temperatura y proteger de posibles fugas, además facilita y agiliza el proceso de entrega. Por esta razón se ve necesario crear alternativas que reemplacen el uso del poliestireno expandido en el sector alimenticio. Para esto, se implementan especies fúngicas que permitan dar como resultado un material resistente, biodegradable y con una huella de carbono mucho menor.

Palabras clave: Poliestireno expandido, micelio, bioplásticos, empaques de alimentos, icopor, biodegradabilidad, sostenibilidad, plástico, sustrato.

Introducción

Los plásticos han sido fundamentales para la evolución de la industria y del ser humano, debido a su versatilidad y múltiples funciones que se transforman en miles de productos de uso diario o inmediato, sin embargo, su producción desenfrenada ha hecho que la civilización sea dependiente de este, en consecuencia, el plástico se convirtió en una de las mayores y más longevas problemáticas ambientales y de salud humana en el mundo, ya que la demanda de materia primas plásticas es colosal, de hecho, según un estudio de la ONU en 2018 afirma, que tan solo hace aproximadamente 70 años, se producía globalmente un estimado de 2 millones de toneladas de plástico, incrementando exponencialmente a un estimado de 400 millones de toneladas en el año 2018. Es más, se estima que la demanda incremente constantemente hasta

superar los mil millones de toneladas en 2050, tanto así que habrá más plásticos en el mar que peces. (ONU, 2022, p. 1).

Por esta razón la comunidad científica ha sentado bases para la lucha contra la producción de plásticos al crear sustitutos, y le están apostando a las soluciones a partir de la biotecnología, el cual está dando frutos extraordinarios al tener áreas nunca exploradas como candidatas primarias a la sustitución de ciertos materiales de plástico. Entre ellas, se destaca una cuyas investigaciones son relativamente recientes; el uso de micelio provenientes de hongos para la creación de cuero, textiles, tocino y poliestireno. Tal como es el caso de la empresa Ecovative, el cual han desarrollado un reemplazo ecológico del poliestireno a partir de componente naturales, para ser usados como empaques para ciertos productos como velas, dispositivos electrónicos, entre otro. Sin embargo, es una incógnita si dichos productos provenientes de estos hongos puedan suplir al poliestireno expandido en su totalidad de productos y derivados que este posee en la actualidad, en el que se destaca y reconoce los envases para alimentos y líquidos usados por la gran mayoría de restaurantes en Bogotá. (Ecovative, s.f., p.1)

Objetivo general

Desarrollar materiales que reemplacen el poliestireno expandido como empaque de alimentos a partir de las especies fúngicas.

Objetivos Específicos

1. Investigar las propiedades que permiten la preferencia del poliestireno expandido en el sector alimenticio/domiciliario
2. Investigar especies fúngicas y procesos aptos de realización de materiales para envases contenedores de comida.
3. Hacer pruebas experimentales de toxicología, resistencia del material, resistencia a temperaturas extremas y humedad.
4. Analizar costos en la producción del material.
5. Validación de la comunidad sobre la calidad, utilidad, rentabilidad y aplicabilidad del producto final

Definición del problema

El poliestireno expandido, o reconocido en Colombia como el icopor, no es un material biodegradable, de hecho, la Universidad Nacional (s.f.) como se citó en Concejo de Bogotá (2019), confirma que este tarda más de 1.000 años en biodegradarse, y al ser creado a partir de partículas de petróleo y aire que son calentadas y expandidas, se considera como un material bastante liviano que logra ocupar un amplio volumen, sobre todo en los camiones de basura, rellenos sanitarios, y en los carros de recolección urbanos, siendo un gigante obstáculo para la recolección y tratamiento de residuos, principalmente en un país en desarrollo como Colombia, ya que el presidente de Acoplásticos, Daniel Restrepo (2017), como se citó en Concejo de Bogotá (2019), afirmó que al año cada colombiano consume aproximadamente 24 kilos de

plástico, siendo 1'092.000 toneladas de plástico que se desechan al año y siendo tan solo un 56% de esta cifra, plásticos de uso único. (Concejo de Bogotá, 2019, p.2).

Al no contar con una infraestructura capaz de separar y reciclar dichos materiales de plástico y de poliestireno expandido, estos van a parar a rellenos sanitarios, tal como es el caso de Bogotá el cual, según cifras de Fenalco (2017), como se citó en Concejo de Bogotá (2019), el relleno de Doña Juana recibe aproximadamente 6 mil toneladas de residuos cada día, de estos, 840 toneladas provienen de residuos plásticos, lo que significa el 14% de la suma total de los desechos generados en la capital, sin embargo, al tener en cuenta lo mencionado por Geyer (2017), como se citó en Concejo de Bogotá (2019), el 40% del plástico producido a nivel global es usado para envases de un solo uso, siendo más de 160 millones de toneladas de estos plásticos destinados al envasado de alimentos, que son fabricados por la industria cada año. (Concejo de Bogotá, 2019, p.2).

Además, representa un problema de salud pública, así fue confirmado por la Universidad del Bosque (s.f), como se cito en Concejo de Bogotá (2019), que confirma posibles afectaciones al sistema inmunitario, interferir con las hormonas, problemas de reproducción y causar cáncer en humanos, aun así, continúa siendo la primera opción al momento de empacar alimentos para domicilios en Colombia, contribuyendo a más del 13% de residuos sólidos por año, correspondiente al poliestireno y demás plásticos y derivados. (Concejo de Bogotá, 2019, p.2).

Al tener cifras tan alarmantemente altas de residuos, se busca una solución a partir de los componentes biológicos que tienen los hongos para replicar ciertas propiedades que puedan suplir las funciones que tanto han caracterizado al poliestireno expandido.

Justificación

En pleno 2023 y con un auge de uso de poliestireno expandido en envases de alimentos por causa de la pandemia, es necesario, encontrar e implementar un sustituto a estos materiales que cumplan con las propiedades por las que son usadas en la industria alimentaria, para así, evitar que muchos más envases de poliestireno expandido acaben en un relleno sanitario sin poder ser reciclado o tratado debidamente, y lo urgente que es proveer soluciones basadas y provenientes de la naturaleza misma sin abusar o explotar de esta para lograrlo, aspecto donde los hongos cumplen al no necesitar extensiones de tierras para crecer en cantidad y poder brindar la revolución del plástico a nuevos materiales que asimilen por si solos la economía circular y sea factible para cualquier población en cualquier parte del mundo.

Análisis de requerimientos

La Resolución 683 de 2012 en nombre de la ministra de Salud y Protección Social, expide “el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano”, incluyendo materiales plásticos como lo es el poliestireno expandido y más al ser uno de los principales materiales para el embasamiento de bebidas o alimentos destinados al consumo humano, cuyos requisitos para dichos materiales, equipamientos y envases que tengan un contacto directo con alimentos y bebidas deben cumplir con los estándares de calidad técnica de acuerdo a los criterios de pureza; a unas óptimas condiciones sanitarias, de almacenamiento y manejo que eviten cualquier contaminación, alteración y/o adulteración. Sin

dejar de un lado, las disposiciones y/o normas establecidas para garantizar tanto la buena calidad del agua en la fabricación de dichos materiales, como los procedimientos reglamentarios para prevenir la contaminación del material en cualquiera de sus etapas de producción, operación, procesos, almacenamiento, transporte y etiquetado. (Soto, B.L., 2012)

Respecto a la Resolución 683 mencionada recientemente, se aclara que en ella destaca los procedimientos administrativos, es decir el carácter de Inspección, vigilancia y control el cual corresponde al Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, mayormente conocido como el INVIMA, y las Direcciones Territoriales de Salud, con el objetivo de implementar las medidas de seguridad correspondientes y aplicar sanciones si encuentran alguna irregularidad, ya que, dentro de sus responsabilidades se encuentra realizar visitas de inspección a los establecimientos que elaboren estos materiales, para así evaluar la conformidad, es decir, poder determinar si los procedimientos que se utilizan cumplen con los actuales requisitos establecidos en el reglamento técnico, para así finalizar con la revisión y actualización, cuyo fin es mantener al día las disposiciones del actual reglamento técnico. (Soto, B.L., 2012)

A pesar, de estar regulado y tener resolución y normas estructuradas para su debido uso, comercialización y fabricación, se llevó a cabo el Proyecto de Ley N° 150 de 2016 que tiene como finalidad la prohibición del uso de poliestireno expandido para recipientes de alimentos en los establecimientos comerciales que proporcionan servicios de alimentación, haciendo énfasis en los de un solo uso, tal como lo son:

Los contenedores, recipientes, platos, bandejas, cartones, vasos, tapas, pitillos, cucharas, tenedores, cuchillos, servilletas, recipientes de comida, platos, vasos de bebidas calientes y frías, bandejas de carnes y vegetales, cubetas de huevos y otros artículos que sean diseñados para cumplir un solo uso relacionado con bebidas, alimentos preparados, o

sobras de comidas, así como otros productos hechos de poliestireno expandido y usados para la venta o provisión de comida o distribuidos por un establecimiento comercial.

(López, G.B.C., 2016, párr. 1).

Además, se aclara el tipo de plástico que busca restringir al indicar:

Poliestireno soplado, o espumas expandidas y extruidas en tanto que materiales termoplásticos y petroquímicos, que utilizan un monómero de estireno, que son procesadas por un número de técnicas, incluyendo fusión de esferas de polímero (perlas expandibles de poliestireno), moldeo por inyección, moldeo de espuma, y moldeo por extrusión-soplado (poliestireno extruido de espuma). (López, G.B.C., 2016, párr. 2).

Por último, aclara a que establecimiento va a regir este proyecto de ley, siendo estos:

Restaurantes de servicio limitado, restaurantes de comidas rápidas, charcuterías, cafés, supermercados, tiendas de combustibles, carros o camiones expendedores de alimentos, camiones de comida, cafeterías institucionales o de negocios, incluyendo aquellas operadas por o en beneficio de cualquier dependencia del Estado. (López, G.B.C., 2016, párr. 4).

A partir de lo establecido, toda entidad, ya sea, estatal, departamental, distrital y/o municipal dedicado a la venta de alimentos deberá reemplazar los utensilios desechables y con poliestireno expandido, por productos biodegradables o reciclables, de acuerdo con las alternativas que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible determine para su implementación, en dado caso de algún incumplimiento a esta ley se conllevara una sanción determinada por el mismo Ministerio. (López, G.B.C., 2016, p.5).

Uno de los primeros pioneros en la restricción de productos a base de poliestireno expandido fue el municipio de Guatapé, Antioquia, lugar que anualmente recibe un promedio de 700 mil visitantes, que hacen uso de materiales contaminantes al momento de realizar compras o empacar comidas u otros productos, generando así 1.300 toneladas de residuos que terminan en un relleno sanitario anualmente. A razón de esta problemática, el municipio decidió adoptar el acuerdo 08 del 27 de mayo de 2019 “Por el cual se implementa la prohibición de poliestireno expandido (eps) papeles parafinados, pitillos, vasos y mezcladores de plástico y/o polipropileno”. Dicha medida aprobada por el Concejo Municipal estableció 6 meses de plazo para la restricción total de esos materiales para su respectiva sustitución por materiales alternativos biodegradables que no impactan tanto al medio ambiente. (Municipio de Guatapé, 2019, p.1).

Más tarde, el 30 de Julio del mismo año (2019), el Congreso de la República expresó sus planes respecto al planteamiento de un proyecto que pueda regular o en su defecto, prohibir el uso, producción y comercialización del poliestireno expandido, Ampliamente difundido bajo el nombre de icopor en territorio nacional, con el fin de reducir la huella ambiental sobre el medioambiente en el territorio colombiano. El autor de dicho proyecto es el senador Antonio Sanguino Páez, quien asegura garantizar un periodo de diez años para sustituir progresivamente los productos que tengan este material por materiales más respetuosos y amigables con el ambiente. Así mismo, aclara y rectifica la creación de un organismo interdisciplinario conformado por distintos ministerios como el de ambiente y desarrollo sostenible; comercio; industria y turismo; salud y protección social; y educación. (Semana, 2019, p.1).

Así surgió el Proyecto de Ley No. 60 Senado “Por el cual se prohíbe la producción, uso, comercialización e importación del poliestireno expandido (icopor) y se dictan otras disposiciones” la cual posee 11 Artículos que describen la prohibición de la comercialización,

uso, producción, e importación del poliestireno expandido en territorio nacional incluyendo las entidades estatales de orden nacionales, como en zonas costeras, ríos y áreas protegidas, y en embarcaciones nacionales; además se informa sobre las excepciones de dicha prohibición al ser de carácter de conservación, higiene o protección de productos médicos, farmacéuticos, o en contacto directo con alimento de origen animal crudos, y de los materiales que no tengan sustitución alternativa, bajo la condición de que se respalde científica y reglamentariamente la necesidad de uso de este material. (Congreso, 2019, p.1).

Cabe aclarar la planificación de la sustitución gradual del poliestireno expandido, ya que los productores y distribuidores de este, contarán con un periodo de 5 años para realizar la sustitución por materiales no contaminantes. Durante este tiempo de sustitución, el empaquetado y etiquetado de dichos productos que contienen poliestireno expandido, tendrán que imprimir en las caras externas o superficies principales, mensajes ambientales, imágenes y advertencias claras, variadas, visibles, legibles y en idioma español, indicando los efectos negativos de estos materiales en el ambiente y salud humana, como método de información y prevención a la sociedad colombiana. (Congreso, 2019, p.1).

Por último, se establece una mesa interinstitucional de sustitución gradual del poliestireno expandido, donde hacen presencia y participan los ministerios nombrados anteriormente, para así formular La Política Nacional de Sustitución Gradual del Poliestireno Expandido (icopor), cuya función es incorporar estrategias, normas y programas para el desarrollo de programas, planes y campañas enfocadas a la educación ambiental respecto a los impactos negativos del icopor en el ambiente sano y logré concientizar a las población en general. (Congreso, 2019, p.2).

En el mes de septiembre de 2021, se aprobó el texto definitivo con modificación del Proyecto de Ley N° 010 De 2020 Cámara, Acumulado Con El Proyecto De Ley N° 274 de 2020

Cámara “Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de plástico de un solo uso y se prohíbe su fabricación, importación, exportación, comercialización y distribución en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones”.

Estructurado por 7 capítulos que detallan las disposiciones generales; la prohibición, reducción y sustitución de los plásticos de un solo uso; las prohibiciones generales, el sector público; las medidas complementarias; el seguimiento y promoción; y por último, el régimen sancionatorio y recursos. (Cámara, 2021, p.1).

En el territorio colombiano, se llevó a cabo un Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de Un Solo Uso, efectuado por el Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2021, con el fin de implementar “una gestión sostenible del plástico, a partir de instrumentos y acciones de prevención, reutilización, consumo responsable, reducción, generación de nuevas oportunidades de negocio, aprovechamiento, encadenamientos, empleos y desarrollos tecnológicos, para así proteger los recursos naturales y fomentar la competitividad.” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021, p.4).

Como este plan está basado en impactar a los plásticos de un solo uso, incluye y refiere al poliestireno expandido, de acuerdo a lo estipulado en la acción 1.2 del Capítulo I de este plan, se llevará a cabo a lo largo del año 2021, una norma específica y complementaria a la resolución 1407 de 2018 al establecer metas para que los productos de plásticos de un solo uso fortalezcan la cadena de aprovechamiento y lograr un mínimo de un 25% para el año 2025 y un 50% para el año 2030, respecto a los recipientes fabricados en poliestireno expandido que son utilizados para empaquetar o envasar comidas o alimentos preparados en el sitio, para llevar o consumir, sean efectivamente aprovechados en el territorio nacional; y de esta manera, apuntar a un 2030 con un

100% de los plásticos de un solo uso, puestos en el mercado, siendo de alternativas reutilizables o reciclables o compostables. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021, p.4).

Concluyendo, es de carácter obligatorio reconocer el hecho de que el Senado de la República aprobó la eliminación de plásticos de un solo uso en Colombia el miércoles 6 de junio del año 2022, donde se prohíben 14 tipos de plásticos, entre ellos, se destacan los envases o empaques, recipientes y bolsas para contener líquidos o comidas o alimentos no preenvasados, para consumo inmediato, para llevar o para entregas a domicilio; y los platos, bandejas, cuchillos, tenedores, cucharas, vasos y guantes para comer; que en la mayor parte de su composición posee poliestireno expandido. Siendo este uno de los últimos y más importantes avances y reconocimientos en términos de prohibición y regulación de este tipo de plásticos en el territorio nacional. (Cámara de Representantes, 2021, p.5).

Por otro lado, En Colombia, no existe una ley específica que regule el uso de hongos a nivel industrial. Sin embargo, existen algunas regulaciones generales que se aplican a la producción industrial y a la protección del medio ambiente que podrían ser relevantes para el uso de hongos en la industria.

Por ejemplo, la ley 1333 de 2009 establece normas para la prevención y control de la contaminación del ambiente y la gestión de residuos, incluyendo los residuos generados por la producción industrial. Además, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha emitido regulaciones específicas para la gestión de residuos sólidos y líquidos, así como para la protección de la biodiversidad. (Congreso, 2009, p.1)

Especificaciones técnicas

De acuerdo con la Resolución 1443 de 2012,

Las sustancias, polímeros y aditivos empleados en la fabricación de objetos, envases, materiales y equipamientos plásticos y elastoméricos y sus aditivos, destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas, deben estar en las listas positivas sean de la FDA (Food and Drug Administration); CE (Unión Europea o Estados Miembro de la Unión Europea) o Mercosur. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012, párr. 3)

Considerando los límites máximos de composición y de migración específica, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), establece las técnicas y metodologías para verificar este límite, siempre y cuando este a la margen de los límites de migración total, los cuales no deben exceder de “50 miligramos de componentes liberados por kilogramo de alimento o simulante (50 mg/kg)” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012, p. 7).

De igual manera, esta resolución rige los límites máximos permitidos de metales pesados presentes en el envase destinado a la industria alimenticia, siendo 100 mg/kg el máximo para la sumatoria total de concentraciones de Mercurio, Cadmio, Plomo y Cromo Hexavalente. Por último, y no menos importante, se hace énfasis en que dichos envases debe tener una serie de condiciones: Una buena resistencia térmica durante un período determinado; excelentes condiciones higiénicas; mantener una resistencia mecánica suficiente para proteger los alimentos; y es una obligación que cumplan con las regulaciones de seguridad alimentaria establecidas por las autoridades sanitarias y gubernamentales del país para garantizar su buen uso. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012, p. 8).

Marco de referencia

Poliestireno expandido

El poliestireno expandido, se define como “un derivado de petróleo de uso frecuente en los establecimientos comerciales que suministran alimentos en actividades tales como el empaque, servicio y transporte de los mismos.” (López, G.B.C., 2016, p.1).

Es importante destacar que su principal aplicación se ha dado en la fabricación de recipientes para la alimentación y en el envasado de diversos dispositivos, ya que sus propiedades de baja densidad; de gran volumen; liviano; higiénico e inocuo; impermeable; apilable; paletizable y el aislamiento térmico; lo hacen el candidato perfecto e ideal para estar en el trono del servicio de domicilios y de restaurantes. (López y Mora, 2019, p.210).

Sin embargo, no siempre fue este material sintético, ya que el registro más antiguo que se tiene del uso de una sustancia llamada estireno data de unos 3000 años antes de Cristo en Egipto, donde usaban la resina proveniente de un árbol oriental, el ámbar líquido (estireno) para poder embalsamar a los cadáveres de sus difuntos y así preservarlos en su viaje. Cabe recordar que el estireno es una molécula natural encontrada en la resina y también en muchos alimentos como la canela, las fresas, la avena, el trigo, entre otros... (Barbosa, L. 2022, p.1).

Siglos tuvieron que pasar para el registro de algún avance significativo, y es que hasta el año 1839, Eduard Simon, un boticario alemán pudo aislar la sustancia de resina natural, para que años después, en 1876, un científico inglés decidiera destilar la resina de ámbar líquido para así

extraer un fluido que él mismo nombró StyraX, y fuera utilizado como un estimulante de las vías respiratorias. (Barbosa, L. 2022, p.1).

Respecto a los últimos 100 años, se destacan los estudios realizados por el químico orgánico alemán Hermann Staudinger, en el año 1922, los cuales afirman las largas cadenas repetitivas de monómeros presenciadas en los cauchos naturales, llevándolo a descubrir a los polímeros de alto peso molecular, donde se encontró el poliestireno. Ocho años más tarde, BASF una empresa alemana desarrollaría la manera de fabricar gránulos de poliestireno para poder comercializarlos. Para así en 1937, Dow Chemical, incursionaría en el poliestireno y lo derivaría en un tipo de poliestireno espumado extrusionado el cual comenzó a distribuirlo y comercializarlo en el mercado norteamericano. (Knauf Industries, 2017, p.1).

En 1951, la empresa BASF patentaría el poliestireno expandible que actualmente es reconocido por las siglas EPS, así nació un nuevo polímero que cambiaría significativamente a la industria y a la sociedad, al expandirse rápidamente por todo el mundo por su versatilidad e incontables funciones en múltiples industrias, llegando así a Colombia, bajo el pseudónimo “ICOPOR”, esto debido a que la compañía que lo comenzó a producir se llama Industria Colombiana de Porosos. Según Knauf Industries, para producir el poliestireno expandido a partir de gránulos de poliestireno, debe pasar por las siguientes fases:

1. Preexpansión, donde se aplica calor al poliestireno expandible con pentano, contenido en las bolitas, mediante vapor de agua, a una temperatura promedio de 80 a 100 grados centígrados, obteniendo un incremento de 50 veces en su tamaño.

2. Estabilización, el pentano se condensa para dejar un vacío en el interior de los gránulos, el cual se satura con aire mediante difusión para preservar la estabilidad mecánica del material.
3. Expansión y moldeado: Estas perlas, se insertan en moldes que se calientan con vapor de agua y se someten a fuerza mecánica.

Comprendiendo brevemente las etapas a las que se ve expuesto el polímero es esencial tener en cuenta las propiedades físicas del producto tal como se comercializa y distribuye, en la Tabla 1, podemos observar las propiedades físicas esenciales del poliestireno expandido.

Tabla 1. Propiedades físicas del poliestireno expandido

Resumen propiedades físicas		
Propiedad	Unidades	Valores margen de oscilación
Densidad nominal	Kg/m ³	10-35
Densidad mínima	Kg/m ³	9-31.5
Espesor mínima	mm	50-20
Conductividad térmica a 10°C	mW/(mK)	46-33
Tensión por compresión con deformación del 10%	Kpa	30-250
Resistencia permanente a la compresión con una deformación del 2%	Kpa	15-70
Resistencia a la flexión	Kpa	50-375
Resistencia al Cizallamiento	Kpa	25-184
Resistencia a la tracción	Kpa	<100-580
Módulo de elasticidad	Mpa	<1.5-10.8
Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m ²	°C	80
Indeformabilidad al calor instantánea	°C	100
Coefficiente de dilatación térmica lineal	1/K(xE-5)	5-7
Capacidad de reacción al fuego	J/(kgK)	1210
Clase de reacción al fuego	-	M1-M4
Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 7 días	% (Vol)	0.5-1.5

Fuente: (Escobar, 2013)

A pesar de ser un producto muy útil y de uso frecuente para el empaque, servicio y transporte en los establecimientos comerciales donde suministran alimentos a nivel local, su ciclo de vida, desde su producción hasta su respectivo uso y desechamiento ha tenido un drástico impacto medioambiental negativo; tanto cuando esté se produce, resultando en un significativo consumo de energía, la emisión de gases de efecto invernadero y efectos totales sobre el medio ambiente; como al constituirse como uno de los residuos más frecuente y perjudiciales de la industria alimentaria, al ser de un solo uso, y ocasionar una de las mayores huellas ecológicas en los asentamientos urbanos alrededor del mundo, debido por el avanzado ritmo de vida de la sociedad moderna, cada día consumidora de alimentos y de domicilios. (López, G.B.C., 2016, p.2).

Debido a que el poliestireno expandido no es biodegradable y dura hasta más de mil años presente en el ambiente, su potencial de reciclaje es mínimo por su carácter irreversible de fabricación y por la baja demanda que se tiene en plantas de reciclaje, ya que ocupan mucho volumen a comparación de otros materiales como el papel, cartón, otros plásticos, entre otros... Por lo que terminan en rellenos sanitarios o zonas de desecho o como en su mayoría, en el ambiente tanto en hábitats terrestres como en acuáticos, que representa una de las principales causas de intoxicación y muerte de incontables especies que lo acaban consumiendo. Sin embargo, esto no solo afecta a los animales, se ha demostrado que el poliestireno tiene una gran capacidad de absorción de sustancias tóxicas que al ser ingeridas por peces, se acumularían e ingresarían a la dieta humana, además, el benceno y el estireno, cuya presencia ocurre en la fabricación del poliestireno expandido, y son sospechosos de la aparición de cáncer y múltiples estudios la han considerado como neurotóxicos de elevada peligrosidad. (López, G.B.C., 2016, p.2).

A razón de las múltiples problemáticas que el poliestireno expandido tiene en nuestras vidas, más de 100 ciudades de Estados Unidos y Canadá, decidieron eliminar el uso de este material en recipientes de alimentos, siendo así un acto ejemplar para que cada vez más estados, gobiernos y países prohíban este tipo de materiales y opten por los materiales alternativos.

Hongos

Los hongos son un grupo diverso de organismos eucariotas, que se encuentran en una variedad de ambientes terrestres y acuáticos. A continuación, se presentan algunas de las principales propiedades de los hongos.

Estructura y morfología: Los hongos tienen una estructura celular similar a la de las plantas, pero en lugar de cloroplastos, tienen orgánulos llamados mitocondrias, y en lugar de paredes celulares compuestas de celulosa, tienen paredes compuestas de quitina, una molécula de polisacárido similar a la celulosa, pero con la adición de grupos acetamida en cada unidad de azúcar. La quitina es responsable de la rigidez de la pared celular y proporciona protección contra factores externos, como la presión osmótica. La pared celular también contiene proteínas, lípidos y otros polisacáridos, como glucanos y mananos.

Además, los hongos tienen una gran diversidad morfológica, que incluye formas unicelulares (como las levaduras) y formas multicelulares con cuerpos fructíferos (como los champiñones). (Latgé, 2007, p.297).

Reproducción: su reproducción es de forma asexual y sexual. La reproducción asexual se produce a través de la formación de esporas, que pueden ser producidas por una sola célula o por estructuras multicelulares como los cuerpos fructíferos. La reproducción sexual se produce a

través de la fusión de células haploides de dos individuos diferentes, que forman un cigoto diploide que se divide para formar una estructura de resistencia llamada espora. (Kües y Fischer, 2011, p.1)

Control biológico: Los hongos también se utilizan como agentes de control biológico para combatir plagas y enfermedades en la agricultura y la silvicultura. Algunos hongos como el *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* se han utilizado con éxito para controlar las plagas de insectos. Agregando que producen compuestos químicos con propiedades antimicrobianas, antitumorales y antiinflamatorias. (Sharma et al., 2016, p.3).

Por otro lado, se ha evidenciado como en la última década, el reino Fungí ha comenzado a ser pionero de variadas investigaciones enfocadas a soluciones sostenibles e innovadoras a problemáticas ambientales y de consumo. Dentro de estas soluciones se ha avanzado en la aplicación de Biotecnología fúngica, pues la diversidad metabólica de los hongos ha permitido la producción de alimentos, enzimas, productos bioactivos y plásticos. Los hongos son una fuente importante de enzimas industriales, como las celulasas y las lipasas, que se utilizan en la producción de biocombustibles, industria papelera y la fabricación de alimentos y bebidas (Pandey et al., 2016, p.1727).

También se han identificado varios productos bioactivos producidos por los hongos, como los alcaloides, polisacáridos y esteroides, que se utilizan en la producción de alimentos y medicamentos (Jayakumar et al., 2019, p.55).

Teniendo en cuenta las múltiples funciones que las setas traen consigo, se trae a colación algunas de las investigaciones que se han realizado y demás utilidades que se le han otorgado a las especies fúngicas dentro de la industria. Como, por ejemplo:

Producción de enzimas: Debido a que estas especies son una fuente importante de enzimas industriales, incluyendo celulasas, lipasas, proteasas y amilasas. Sus enzimas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales, como la producción de biocombustibles, la fabricación de alimentos y bebidas, y la producción de productos farmacéuticos (Pandey et al., 2016, p.1727).

El uso de hongos para hacer plásticos: Los hongos también se han utilizado para producir materiales bioplásticos. Un ejemplo es la producción de biopelículas utilizando hongos como *Aspergillus niger* y *Trichoderma reesei*, que pueden producir una sustancia similar al plástico llamada polihidroxialcanoato (PHA). La producción de bioplásticos a partir de hongos es una alternativa más sostenible a los plásticos convencionales, ya que son biodegradables y no generan contaminación. (Villa-Rivera et al., 2021, p.283)

Análogamente, Redacción Business Insider (2022) informa sobre cómo los hongos están siendo utilizados como una alternativa ecológica al plástico y al cuero en la fabricación de diversos productos que implica la utilización de micelio, la parte subterránea de los hongos, para crear una red de fibras que pueden unirse para formar un material resistente y duradero. El proceso implica cultivar hongos para que crezcan en un molde y produzcan materiales que se pueden utilizar para fabricar objetos como empaques de alimentos, ropa y calzado.

Finalmente, el artículo del Instituto de Ecología A.C. presenta información sobre un nuevo material biodegradable. El material se compone de micelio, esta sustancia se puede moldear en diferentes formas y tamaños, es resistente al agua y al fuego, lo que lo hace útil para una variedad de aplicaciones, desde envases de alimentos hasta aislamiento para edificios. (César et al., 2021, p.1)

La anterior información permite destacar que la producción de materiales sostenibles a partir de hongos se ha convertido en un área de investigación prometedora para reducir el impacto ambiental de la industria de la moda, alimenticio y otros sectores. Se han identificado varios tipos de hongos con propiedades que permiten la producción de materiales que pueden utilizarse como alternativas sostenibles al plástico, al cuero convencional o al poliestireno expandido.

El micelio de setas, por ejemplo, se ha utilizado para producir un material similar al cuero conocido como "piel de seta". Este material es resistente al agua y duradero, lo que lo convierte en una alternativa prometedora para la producción de prendas de vestir, accesorios y otros productos (Sustainable Fashion Matterz, 2021, p.1).

Ganoderma lucidum es otro hongo utilizado para producir un material que se asemeja al cuero y puede ser utilizado para producir prendas de vestir, carteras y otros productos (MycoWorks, 2022, p.1).

Además, el hongo *Fusarium venenatum* se ha utilizado para producir un material similar a la piel que se utiliza para hacer productos como zapatos y carteras (Bolt Threads, 2022, p.1).

Asimismo, el hongo *Aspergillus oryzae* se ha utilizado para producir un bioplástico a partir de residuos agrícolas y alimenticios. Este bioplástico resultante es biodegradable y puede utilizarse para producir una amplia variedad de productos sostenibles (MycoWorks, 2022, p.1).

Otro hongo utilizado para producir bioplásticos es el hongo *Ganoderma lucidum*. Un estudio reciente ha demostrado que su micelio puede producir un bioplástico de alta calidad a partir de residuos de la industria maderera (Khan et al., 2021, p.1118).

Adicionalmente, el hongo *Pleurotus ostreatus* ha demostrado ser capaz de producir bioplásticos a partir de sustratos a base de lignocelulosa (Vicentini et al., 2021, p.3421).

Es importante destacar que la investigación en la producción de materiales a partir de hongos se encuentra en constante evolución y se están investigando nuevos tipos de hongos y procesos de producción para desarrollar materiales más sostenibles y eficientes.

Análisis de restricciones

Aparte de los requerimientos legales ya mencionados previamente en el informe (revisar Análisis de requerimientos), se identificaron múltiples aspectos que pueden llegar a ser vistos como restricción para el desarrollo exitoso del proyecto, es por ello, que se decidió crear una tabla con los aspectos destacables respecto al material a manipular basados en una ficha de datos de seguridad brindada por la empresa Ecovative el cual se encuentra titulada al final del documento como Anexo 1. Véase la *Tabla 2* a continuación:

Tabla 2. Restricciones y análisis

Tipo de restricción	Restricción	Análisis
Ambientales	No posee alguna restricción ni precaución ambiental	<p>Se recomienda manipularlo en algún espacio con ventilación, para evitar la concentración de polvo en el aire.</p> <p>Además, se recomienda mantener el material dentro de un contenedor adecuadamente sellado, sin humedad y en un espacio ventilado.</p>
	No es tóxico para el ambiente	<p>Bajo condiciones normales, no tiene persistencia ni degradabilidad, su potencial de bioacumulación es nula igual que la movilidad en el suelo, y tampoco tiene impacto en otros efectos ambientales como el agotamiento de la capa de ozono, potencial de creación</p>

		de ozono fotoquímico, disrupción endocrina, global potencial de calentamiento, entre otros...
	Seguridad alimentaria	El 99% de los hongos comestibles y medicinales son blancos, cuyo perfil es adecuado para la creación del material sustituto al poliestireno expandido.
Económicas	Compra de materiales accesibles	Gastos maderables en la compra del micelio, cáñamo seco, harina, agua, y demás materiales.
Salud y seguridad	Puede ocasionar acumulaciones de polvo combustible en el aire.	A pesar de no ser catalogada como una sustancia combustible, su polvo puede incendiarse al propagarse, por ello se recomienda mantenerlo lejos del calor, chispas o llamas.
	No es tóxico	Bajo condiciones normales, no es tóxico al inhalarse,

		ingerirse, o tener contacto con los ojos o la piel.
	Usar equipo de protección personal	Tal como es obligatorio en las salas de laboratorio, el equipo de seguridad personal debe ser usado por cada integrante presente en el lugar. (Gafas de protección, guantes, tapabocas y bata como mínimo)
	Contiene materiales naturales y biológicos	Algunos individuos pueden experimentar alergias en la piel o respiratorias, se puede tratar respectivamente con lavado en la piel con jabón y agua y con medicamentos según los síntomas,
	Contacto en los ojos	En caso de contacto, puede lavarse los ojos con abundante agua al menos durante 15 segundos.

	Ingestión	Enjuagar la boca inmediatamente y beber mucha agua.
Sociocultural	Cambio del material	A pesar de que se presencia una constante evolución para dejar los plásticos atrás, la sociedad colombiana está acostumbrada a usar los envases de poliestireno expandido para sus alimentos, por ello, podría haber algún tipo de rechazo al ver esta nueva alternativa para la industria alimentaria.

Fuente: Tabla propia creada a partir de la información brindada por un informe de seguridad del producto perteneciente a la Ecovative en el año 2017.

Alternativa de solución

Hoy en día existen diversas soluciones que contribuyen a la disminución del impacto negativo de los plásticos convencionales y de un solo uso en el medio ambiente, y buscan fomentar la transición hacia opciones más respetuosas con la naturaleza y de carácter sostenible,

sin embargo, muchas de estas no logran tener un balance adecuado entre la sociedad, el medio ambiente y la economía; los cuales son denominados como los pilares fundamentales de la sostenibilidad; o incluso siguen impactando de manera significativa al medio ambiente.

Se puede observar la falla en el cumplimiento de los pilares de la sostenibilidad en la mayoría de los plásticos biodegradables y bioplásticos, ya que estos pueden ser producidos a partir de residuos vegetales comestibles, que se ven frecuentados en rellenos sanitarios sin aprovechamiento alguno, sin embargo, se debe tener en cuenta que no todos los bioplásticos son biodegradables y que la gran parte de la materia prima utilizada requiere de un consumo intensivo de recursos, tierra y agua que hacen parte de una problemática que aún sigue vigente y mantiene en alarma la seguridad alimenticia de la sociedad. (Yanes, 2021, p.1).

Es común haber escuchado los términos de reciclar, reutilizar y reusar, siendo una gran campaña mediática para modificar nuestros hábitos de consumo y construir una consciencia colectiva en pro del medio ambiente, pero no basta con tener un conocimiento superficial de como disponer correctamente los residuos cuando no existe una participación activa de la sociedad al momento de ponerlo en práctica, además es muy común encontrar una falta de conciencia y motivación colectiva por lo que no se toman el tema con la seriedad pertinente; sin dejar a un lado la escasez de los recursos y la falta de apoyo en infraestructura para que la economía circular propuesta con estas actividades puedan ser efectivas. (Frers, 2005, p.1).

A razón de todas las problemáticas mencionadas anteriormente se encontró que la solución propuesta en este informe abarca menos impactos negativos y en esta se observa una mayor estabilidad entre el bienestar del medio ambiente, la sociedad y la economía, ya que la sustitución de los plásticos de un solo uso por un material que puede ser cultivado en espacios reducidos tal como laboratorios o dentro de una casa común, como lo son los hongos, evitarían el

desmedido uso de recursos para tener un próspero avance en el mercado y no afectar la seguridad alimentaria de la sociedad; así mismo, estos no necesitan de químicos, ni materiales no renovables o derivados del petróleo para su creación, manteniendo un impacto positivo cuando cumpla con su ciclo de vida, puesto que se biodegrada en cuestión de semanas y posee un gran potencial para hacer parte del proceso de compostaje.

Metodología

Al tener en cuenta que el proyecto se está basando en un proceso ya existente y estipulado por la empresa Ecovative, en Nueva York. La cual innovó en el área del cultivo y manipulación de hongos para desarrollarlo en tres tecnologías, que propiamente nombraron como “MycoComposite”, “AirMycelium” y “Mycelium Foundry” cada una de estos métodos ofrece alternativas sostenibles, renovables y en pro del medio ambiente dentro de varios mercados como el de construcción, empaquetado, espumas, substratos, elementos de belleza, el cuero y hasta en el alimentario. (Ecovative, 2023, p.1).

El proyecto hace énfasis en la tecnología “MycoComposite” de la empresa ya mencionada previamente, específicamente en los empaques creados a partir de micelio de hongo y cáñamo, los cuales actúan como un icopor al ser livianos, fuertes y resistentes al agua y fuego, lo que los hace ideales para envolturas que garanticen la seguridad y protección del producto que se va entregar manteniendo su carácter sostenible durante todo su ciclo de vida, desde el principio, al estar compuesto de materiales orgánicos sin la intervención de algún químico hecho por el hombre, hasta el final, donde puede romperse en pequeños trozos y compostarlos en un total de 45 días. (Ecovative, 2023, p.1).

A razón de esto el presente proyecto se estudia desde una investigación cuantitativa, ya que se utilizan disciplinas estrechamente relacionadas con la biología, química y ciencias donde sus aspectos objetivos y datos extraídos son cuantificados de manera numérica. De esta manera el tipo de estudio, se describe como uno mixto, el cual existe una correlación entre exploratorio y experimental, ya que es un producto innovador y relativamente emergente en el comercio a nivel global y en territorio local donde se tiene menor conocimiento al respecto, es por ello que se decide explorar más acerca de estas aplicaciones con gran potencial en un país tan diverso como lo es Colombia.

De igual manera tiene un carácter experimental al replicar un producto de la empresa Ecovative modificando variables independientes (Micelio de orellana, micelio de champiñón blanco, sustrato de orellana, sustrato de champiñón blanco, concentración de harina y agua) a partir de materia prima local con el fin de comparar físicamente el resultado del proyecto con el icopor que es usado de manera común y en masa por la población perteneciente al sector domiciliario y alimentario, explícitamente incluyendo a los almacenes de servicio alimentario y a los mismos clientes de estos.

Para lograr los objetivos específicos planteados, el trabajo se dividirá en cuatro pasos que serán cumplidos durante el proceso de metodología. Se iniciará preparando un sustrato con las propiedades necesarias para el crecimiento del micelio. Este sustrato estará compuesto por materia orgánica que se destacará por la presencia de carbohidratos, nitrógeno, fósforo, celulosa y lignina para que el hongo pueda aprovecharse al alimentarse de estos componentes y así expandirse. Se identificarán como candidatos perfectos para el sustrato materiales orgánicos como el cáñamo, la paja de trigo, el salvado de trigo, la paja de maíz, el bagazo, el serrín, las

astillas y la madera, debido a que no son tóxicos y contienen grandes cantidades de celulosa. (Gutiérrez, S.A, 2022, p.29).

Una vez se tenga el sustrato, este se debe esterilizar a una temperatura entre los 115 y 121 °C por un tiempo aproximado de 15 a 30 minutos. Posteriormente, se inicia la implantación de la especie de hongo en el cultivo. En la literatura científica, se han identificado tres técnicas: agar, granos colonizados e inóculo líquido.

En el método de agar, el micelio se cultiva en placas de agar peptona con extracto de malta. Se cortan uno o más tapones de agar completamente colonizados (de 10 mm x 10 mm) y se inoculan directamente en el sustrato. Esta técnica tiene la ventaja de ser económica, fácil de realizar y permite obtener un alto rendimiento de producción.

En el método de granos colonizados, se utilizan granos esterilizados que han sido previamente inoculados con un cultivo de micelio vivo. El micelio consume los granos colonizados a medida que se extiende y crece, y una vez que los granos están completamente colonizados, se usan como cultivo inicial para la inoculación del micelio en el sustrato. Esta técnica es útil para la producción de hongos de forma casera o en pequeña escala.

Finalmente, en el método de inóculo líquido se aplica un volumen/volumen del 20% de inóculo líquido a las mezclas con el fin de lograr una distribución homogénea de las esporas. Esta técnica se utiliza principalmente para la producción de hongos a gran escala.

Después de esto se diseña el molde donde crecerá el material esperado. Para esto, se identificaron tres subetapas que están presentes en la mayoría de los documentos. Los autores aplican al menos dos de los siguientes pasos, dependiendo de las características visuales y mecánicas que deseen lograr en el material:

- Etapa de pre-crecimiento: En esta etapa se introducen los sustratos, el micelio y el agua en una bolsa con algún tipo de ventilación y se deja crecer el hongo a temperatura ambiente. Después de algunos días, se tritura el aglomerado de micelio-sustrato para homogeneizar el crecimiento y asegurar que todo el sustrato esté inoculado con micelio. Además del sustrato y el micelio, también se pueden agregar algunas fuentes de nutrición para los hongos. Algunos autores incluyen una fuente de carbohidrato y una fuente de calcio.

En una investigación, se estudiaron cinco niveles de calcio en la inoculación que oscilaban entre el 0,1-8%, en relación con la masa seca del sustrato; del mismo modo, se estudiaron cinco niveles de carbohidratos en la inoculación que oscilaban entre el 1,5-18%. También se variaron cinco niveles de hidratos de carbono, que oscilaban entre el 0 y el 35%.

- Etapa de crecimiento dentro del molde: Este paso consiste en empaquetar el material en moldes con la forma final deseada y cubrirlos para evitar el contacto con otros microorganismos. Se debe dejar algún tipo de perforación para permitir el intercambio de gases.

La duración de esta etapa varía entre 4 y 8 días, dependiendo si el material estuvo en una etapa de pre-crecimiento o si esta es la primera etapa. Además, algunos autores añaden nuevamente alguna fuente de carbohidrato y/o calcio para facilitar aún más el crecimiento del micelio.

- Etapa de crecimiento fuera del molde: Esta etapa consiste en sacar el material de los moldes y dejarlos crecer durante unos días más para lograr una colonización homogénea

en las caras que estaban en contacto con el molde. Algunos autores incuban las muestras en moldes de PVC durante 8 días. Después de 8 días, desmoldan las muestras en una cámara flujo laminar y las incuban durante otro mínimo de 8 días sin molde.

Es importante destacar que las condiciones óptimas de crecimiento varían según la combinación especie-sustrato y que el tiempo de crecimiento depende del tamaño de la muestra y de las características del material deseado. A mayor duración de crecimiento, el micelio degrada más el sustrato y algunas variables como la porosidad, la estabilidad térmica y la resistencia pueden variar.

Para terminar, En la producción de materiales basados en micelio, se utiliza una variedad de máquinas, temperaturas y duraciones de secado para lograr el objetivo de frenar el crecimiento del hongo y mantener la forma y las condiciones deseadas. Es importante realizar un proceso de secado adecuado para lograr estos objetivos. Sin embargo, incluso después del secado, las muestras aún contienen cierto nivel de humedad debido a la humedad en el aire del laboratorio. El contenido de humedad de los materiales secos suele estar entre el 0,6% y el 20%. Para eliminar la mayor cantidad de humedad posible, se recomienda secar las muestras en un horno con circulación de aire.

Análisis de costos

En el contexto de la fabricación de bioplásticos utilizando como base el micelio de hongos, resulta crucial llevar a cabo un análisis de múltiples variables relevantes. Estas variables abarcan aspectos como la adquisición de la materia prima, selección de los equipos y herramientas necesarias, la estimación de mano de obra, los costos operativos, y otros gastos adicionales pertinentes.

El propósito de este análisis consiste en determinar de manera precisa el costo total de inversión, evaluar la viabilidad económica del proyecto y examinar tanto la eficiencia técnica como la eficiencia económica del proceso de producción de los bioplásticos en cuestión; Como se evidencia en la tabla de costos totales y cálculo de la eficiencia, se presentan los resultados correspondientes:

Tabla 3: Tabla de costos totales y cálculo de la eficiencia

TABLA DE COSTOS			
Concepto de Costo	Cantidad requerida	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Materia prima			
Micelio de champiñón blanco	0.453592 kg	96	44
Micelio de Orellana	0.453592 kg	120	54
Sustrato para champiñón blanco	1kg	18.000	18.000
Sustrato para Orellana	1kg	27.000	27.000
Envío	1 entrega	24.000	24.000
total			69.098
Equipos y Herramientas			
Horno Haceb	1 horno	30.000(alquiler)	30.000
Pesas manuales	3	6.000 (alquiler)	18.000
total	\$		48.000
Mano de obra			
1 persona a cargo	7 horas	12.500 x hora	87.500
Costos operativos			
Energía eléctrica	1 hora con 1700W/h	773.49 por Wh	773.49
Agua	8L	17.000 x m ³	136
total			909
Costos adicionales			
Harina	2900g	2.900	2.900
Alcohol	1 botella de 0.35L	4.100	4.100
Agua destilada	6L	3500 x L	21.000
Guantes quirúrgicos	2 pares	2.700	5.400
Tapabocas	2	700	1.400
Bolsas herméticas	6	NA	NA
Balde	1año	8000año	666
Moldes plásticos	20 x año	2000año	3.400
Total	\$		209.573
Costo por platos al mes	\$		13.972
Utilidades	Ingresos - costos = 15000 - 13.972		\$ 1.028
Eficiencia tecnica	producción real	producción maxima	(PR /PM)*100
	2 DE 20	15 de 20	13,30%
Eficiencia economica	Beneficios obtenidos	costos incurridos	(BO /CI)*100
	1.082	13.972	7.35%

Fuente: Elaboración propia

Basado el costo total de producción por mes (209.573 pesos) dividido con la producción máxima (15 platos) el costo de cada plato resulta en 13.972. Por tanto, se estima un valor que no supere los 15.000 dentro del mercado, quedando como utilidad el 7,35% de las ventas. Es importante destacar que este porcentaje tiene el potencial de incrementarse en caso de que se continúe investigando y se sigan las recomendaciones encontradas durante el transcurso del proceso.

Cuando se contempla un resultado mínimo viable ideal, se establece que el 75% de la producción debe cumplir con las condiciones deseadas y los estándares de calidad esto equivale a decir que en este caso 15 de cada 20 platos producidos lo cumplen. Esta métrica se utiliza con el propósito de asegurar la eficiencia y la consistencia en la producción. En este caso la Eficiencia técnica resulta con un porcentaje de 13,30% la cual presenta todavía oportunidades de mejora.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan y analizan los resultados obtenidos en cada una de las etapas del proyecto (pre-crecimiento, crecimiento en molde y crecimiento fuera del molde) las cuales ya fueron planteadas en el procedimiento metodológico

- Etapa de Pre-crecimiento:
Inicialmente, se seleccionaron dos clases de hongos diferentes para el proceso de creación de prototipo de bioplástico, para ello se adquirió:
 - 508 gramos de micelio de hongo orellana (Ilustración 1)

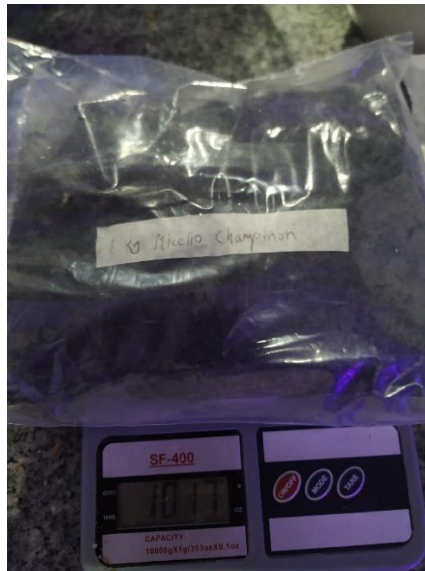
Ilustración 1: Micelio de Orellana



Fuente: Elaboración propia

- 500 gramos de micelio de hongo champiñón blanco (Ilustración 2)

Ilustración 2 Micelio de champiñón blanco



Fuente: Elaboración propia

- 988 gramos de sustrato para hongo orellana. (Ilustración 3)

Ilustración 3: Sustrato de Orellena



Fuente: Elaboración propia

- 955 gramos de sustrato para hongo champiñón blanco (Ilustración 4)

Ilustración 4: Sustrato de champiñón blanco



Fuente: Elaboración propia

Cada bolsa de micelio y sustrato fue combinada por hongo, para así resultar con una mezcla de 1496 gramos de micelio y sustrato de orellana; y 1455 gramos de micelio más sustrato del champiñón blanco.

Debido a la gran cantidad de mezcla de micelio y sustrato de cada hongo se decidió separarla en 3 partes iguales para tener muestras diferentes por si algún margen de error ocurría, no afectará a todo el producto como tal, de esta manera cada tercio de la mezcla de Orellana tenía 170 gramos de micelio y 330 gramos de sustrato, así mismo cada tercio de la mezcla de champiñón blanco poseía 339 gramos de micelio y 331 gramos de sustrato.

Se procedió a realizar la correspondiente reactivación del hongo a partir de la adición de agua destilada y harina de trigo en cada tercio. En la metodología principal se designaba 1000 mililitros de agua y 4 cucharadas soperas de harina (un aproximado de 40 gramos) por cada 500 gramos de mezcla micelio-sustrato, así que se decidió mantener la misma relación de proporción por cada tercio que se aproximaba a ese valor se referencia.

Para la primera prueba se realizó la mezcla de los mil mililitros de agua, los 40 gramos de harina y los 500 gramos de micelio-sustrato (véase la ilustración 5) resultando en un peso final de 1536 gramos. Para finalizar, se puede observar en la ilustración 6 que la solución se mezcló uniformemente por medio de agitación de lado a lado, sin interrupciones por 1 minuto para así dejarla en reposo por un par de días y dar paso a la prueba dos del hongo Orellana.

Ilustración 5: Mezcla prueba 1



Fuente: Elaboración propia

Al ver que la prueba 1 (véase ilustración 6) resultó muy húmeda, se decidió bajar la cantidad de agua que se añadiría a la mezcla final, por consiguiente, se redujo la cantidad de harina para la prueba 2, resultando en una mezcla final de 1221 gramos (véase ilustración 9), donde 700 mililitros de agua (véase ilustración 7) y 28 gramos de harina (véase ilustración 8) fueron las variables en la prueba 2.

Ilustración 6: Fase 1 finalizada en prueba 1



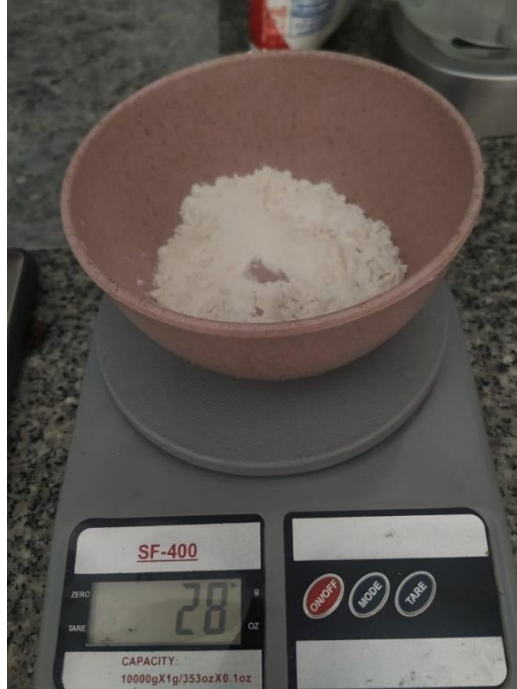
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Cantidad agua para prueba 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Cantidad de harina para prueba 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: Mezcla final de prueba 2



Fuente: Elaboración propia

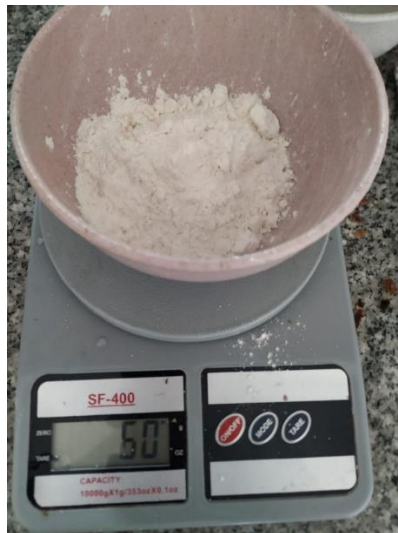
En la tercera y última prueba del hongo Orellana, se retomó la cantidad inicial de agua destilada, es decir, 1000 miligramos como se puede ver en la ilustración 10, sin embargo, se incrementó una cuchara sopera de harina de trigo a la mezcla, es decir, 20 gramos para así agregarle un total de 60 gramos a la solución final (véase ilustración 11).

Ilustración 10: Cantidad de agua para prueba 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11: Cantidad modificada de harina de trigo para prueba 3.



Fuente: Elaboración propia

Al momento de agitar la mezcla final, la bolsa en la que se encontraba no resistió el peso y cedió, causando una pérdida de la solución, sin embargo, esta pérdida no fue significativa, y se decidió mantenerla tal cual como había quedado después del accidente, sin añadirle ningún otro material de más a la mezcla. De esta manera, el último tercio de la mezcla micelio-sustrato de Orellana peso 1385 gramos, tal como se puede observar en la ilustración 12.

Ilustración 12: Peso final mezcla de prueba 3



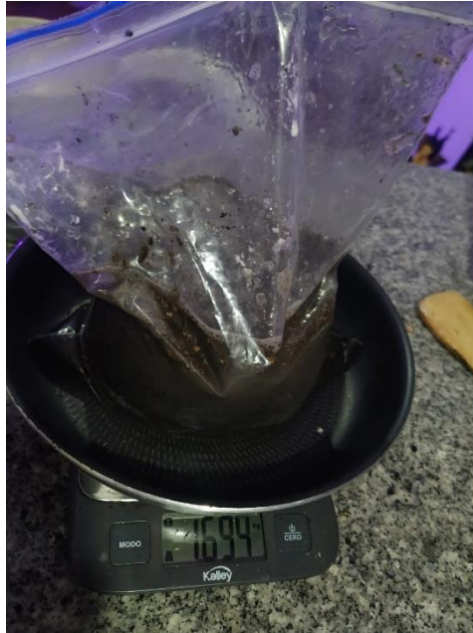
Fuente: Elaboración propia

Dicho proceso de mezclar agua destilada con harina de trigo y el micelio-sustrato se realizó para cada tercio proporcionado del champiñón blanco, de esta manera las pruebas cuatro, cinco y seis fueron realizadas con las mismas cantidades de agua y harina utilizadas en la prueba uno, dos y tres respectivamente, es decir, la prueba 4 fue realizada

con 1000 mililitros de agua y 40 gramos de harina: la prueba 5 fue realizada con 700 mililitros de agua y 28 gramos de harina; y por último, la prueba 6 fue realizada a partir de 1000 mililitros de agua y 60 gramos de harina.

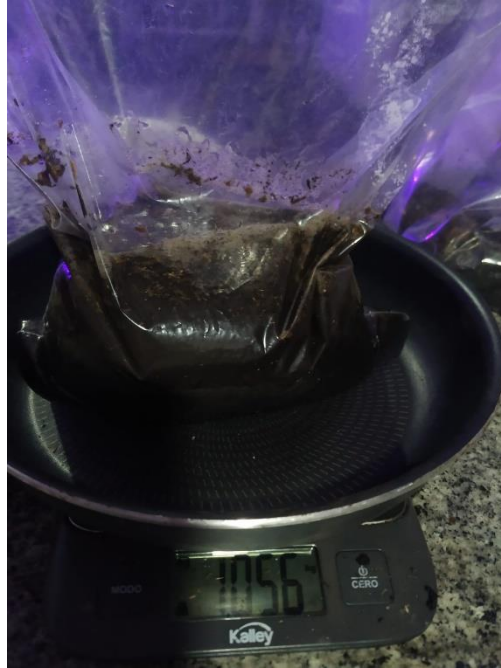
Teniendo en cuenta que las pruebas de champiñón blanco tuvieron la misma relación en proporción al agua y la harina que las pruebas de Orellana, el peso de cada solución final fue similar a las pruebas de Orellana. Los pesos finales para las pruebas de champiñón blanco se ven reflejados en las ilustraciones 13, 14 y 15:

Ilustración 13: Peso final de la prueba 4



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14: Peso final de la prueba 5



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Peso final de la prueba 6



Fuente: Elaboración propia

La prueba 4 resultó con un total de 1694 gramos (Véase la ilustración 13), 158 gramos más que la prueba 1 el cual tenía la misma proporción de agua y harina, esto se debe a la composición de los sustratos, ya que el sustrato de la Orellana se presentaba con pedazos de madera y tierra, mientras que el sustrato de champiñón blanco no presentaba fragmentos de madera, al contrario, era una masa compacta de tierra y abono, por lo que ocupa mayor volumen al no tener tanto espacio vacío a comparación del sustrato de orellana.

Como se observa en la ilustración 14, la prueba 5 concluyó con 1056 gramos y la prueba 6 demuestra por medio de la ilustración 15 que su peso final fue de 1602 gramos manteniendo así la tendencia de concluir con un peso mayor que las pruebas realizadas con orellana.

En un total de seis pruebas (tres por cada hongo), la primera fase denominada "fase de crecimiento" fue finalizada al pasar 15 días en una temperatura ambiente y en reposo.

- Etapa de crecimiento en molde:

A pesar, de que el tiempo estipulado por la metodología era de 4 a 6 días, se decidió continuar con la segunda fase pasados los 15 días, ya que se observó que el hongo no había crecido lo suficiente para continuar con el procedimiento. En este periodo de tiempo, las correspondientes bolsas con la solución de hongos debían ser moldeadas en figuras representantes de platos y envases alimenticios, tal como se demuestra en la ilustración 16 a continuación:

Ilustración 16: Moldes preparados para inicio de la fase 2



Fuente: Elaboración propia

Al tener los instrumentos esenciales de la segunda fase listos, se procedió a moldear cada mezcla resultante del primer procedimiento, empezando con la prueba 3, que al término de 15 días en reposo y a temperatura ambiente resulto como se puede ver en la ilustración 17

Ilustración 17: Prueba 3 al inicio de la fase 2



Fuente: Elaboración Propia

Con el objetivo de poder correctamente cada prueba en los moldes correspondientes, se extrajo el agua presente en la bolsa, esta agua se almaceno en un balde para luego ser utilizada para el riego de plantas. Luego de retirar el exceso de agua se le adicionó 25 gramos de harina de trigo a la mezcla y se agito nuevamente por menos de 1 minuto (véase ilustración 18).

Ilustración 18: Adición de harina de trigo a la prueba 3



Fuente: Elaboración propia

Finalmente Se fue adaptando la mezcla a los tamaños correspondientes de cada molde, hasta acabar por completo con la prueba 3. Dichos pasos se repitieron de igual manera para las pruebas restantes. A continuación, se adjuntará evidencia fotográfica de cada prueba al iniciar y al finalizar la fase 2 del procedimiento (véase desde la ilustración 20 hasta la ilustración 29).

Ilustración 19: Prueba 2 para iniciar la fase 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20: Prueba 2 ya puesta en los moldes correspondientes



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21: Prueba 1 para iniciar fase 2



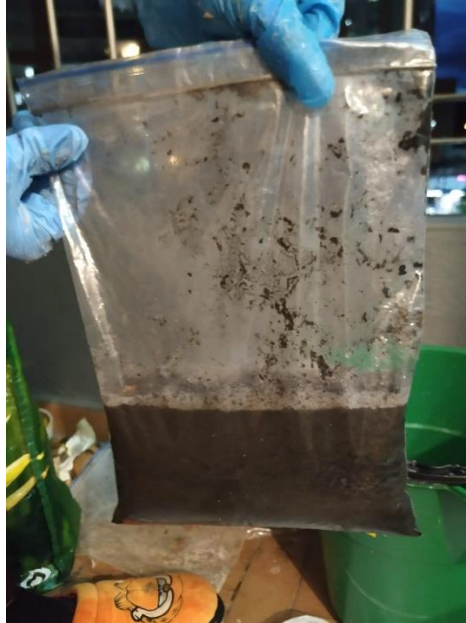
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22: Prueba 1 ya puesta en los moldes correspondientes



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Prueba 6 para iniciar fase 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 24: Prueba 6 lista en los moldes correspondientes



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 25: Prueba 2 para iniciar la fase 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26: Prueba 2 ya puesta en los moldes correspondientes



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27: Prueba 1 para iniciar la fase 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28: Totalidad de pruebas en sus moldes correspondientes



Fuente: Elaboración propia.

- Crecimiento fuera del molde:

Para iniciar la tercera y última etapa, los hongos dentro de los moldes pasaron 5 días a temperatura ambiente y en reposo para que pudieran crecer en la forma del molde correspondiente, sin embargo, al momento de retirarlos, la mayoría de estos todavía seguían húmedos y no mantuvieron su forma sólida al momento de retirarlos del molde, a pesar de que algunos mantuvieron su estructura, con el paso del tiempo se fue desboronando poco a poco hasta colapsar por completo. Algunos ejemplos de dichas estructuras que mantuvieron su forma por poco tiempo se pueden observar desde la ilustración 30 hasta la ilustración 33.

Ilustración 29: Prueba 5 en molde momentos antes de ser retirada de esta



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30: Prueba 5 momentos después de ser retirada del molde



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31: Prueba 3 ya retirada del molde y manteniendo la estructura correspondiente



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 32: Prueba 3, momentos después de ser retirada



Fuente: Elaboración propia

De esta manera ningún prototipo fue exitoso y no logró a pasar a la tercera y última fase de crecimiento fuera del molde y posterior calentamiento dentro del horno para inhibir al hongo y mantener su forma correspondiente.

Análisis de impacto plan de implementación

Para el desarrollo de la matriz de la evaluación de impactos ambientales causadas directa e indirectamente por los 4 procesos presenciados en el transcurso del proyecto (Preconstrucción, Construcción, Operación y mantenimiento y Terminación) se optó por el método EPM o Arboleda, la cual fue desarrollada en el año 1986 por la Unidad de Planeación de Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín, al inicio esta fue utilizada para evaluar

proyectos de aprovechamiento hidráulico de la empresa, sin embargo, poco después se encontró útil para todo tipo de proyectos de EPM. (Cetina, 2016, p.16).

Se desarrollo una matriz con este método de EPM/Arboleda ya que esta se caracteriza por su agilidad, confiabilidad y facilidad comprensiva para cualquier tipo de proyecto y para cualquier información que esta presente, además su desarrollo permite la identificación de actividades, aspectos e impactos medioambientales, para así poderlos evaluar por componentes físicos, abióticos y sociales. (Cetina, 2016, p.17).

A continuación, se describirá cada atributo de impacto que son evaluados en la matriz de EPM/Arboleda:

- Clase (CL):

Asigna los valores: positivo (+) o negativo (-); para identificar la influencia de cada impacto a las actividades y el proceso del proyecto como tal.

- Probabilidad de Ocurrencia (PO):

Tal como se observa en la Tabla 4, este evalúa la probabilidad de que tal impacto tenga lugar efectivamente, es decir, que este ocurra.

Tabla 4: Probabilidad de ocurrencia

Probabilidad de Ocurrencia (PO)	Intervalo de Valores	Posición en la escala
	0.9 – 1.0	Seguro
	0.7 – 0.9	Muy probable
	0.3 – 0.7	Probable
	0.0 – 0.3	Poco probable

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe realizado por (EPM, 2012, p.10)

- Magnitud relativa (MR):

Tal como se observa en la Tabla 5, este representa la dimensión del impacto por medio del porcentaje de afectación en relación con el sujeto indirectamente afectado.

Tabla 5: Magnitud relativa

Magnitud Relativa	Intervalo de Valores	Posición en la escala
(MR)	0.6 – 1.0	Muy alta
	0.4 – 0.6	Alta
	0.2 – 0.4	Media
	0.05 – 0.2	Baja
	0.01 – 0.05	Muy baja

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe realizado por (EPM, 2012, p.11)

- Incidencia no cuantificable (INC):

Tal como se observa en la Tabla 6, este mide los efectos del impacto que no son de carácter cuantificable, en su defecto, no se pueden estimar fácilmente.

Tabla 6: Incidencia no cuantificable

Incidencia no cuantificable	Intervalo de Valores	Posición en la escala
(INC)	0.5 – 1.0	Muy alto
	0.2 – 0.5	Alto
	0.1 – 0.2	Medio
	0.05 – 0.1	Bajo
	0.01 – 0.05	Muy bajo

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe realizado por (EPM, 2012, p.11)

- Nivel de vulnerabilidad (NV):

Tal como se observa en la Tabla 7, este determina la capacidad que tiene el sujeto afectado para asimilar dicho impacto, se debe enfatizar que es más vulnerable el sujeto que presenta menor capacidad de asimilar tal impacto.

Tabla 7: Nivel de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Intervalo de Valores	Posición en la escala
(NV)	0.8 – 1.0	Alto
	0.4 – 0.8	Medio
	0.0 – 0.4	Bajo

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe realizado por (EPM, 2012, p.11)

- Duración (DU):

Tal como se observa en la Tabla 8, este determina la permanencia del impacto en el medio natural

Tabla 8: Duración

Duración	Intervalo de Valores	Posición en la escala
(DU)	0.8 – 1.0	Permanente
	0.4 – 0.8	Temporal (1 a 10 años)
	0.0 – 0.4	Ocasional (hasta 1 año)

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe realizado por (EPM, 2012, p.11)

De esta manera se evalúa cada impacto en cada fase del proyecto; una vez evaluados, se calcula la Calificación de Importancia, nombrada Calificación Ambiental (CA) en la matriz creada para el proyecto, esta fue calculada a partir de la formula brindada por el EPM:

$$CA = \{PO [a ((MR + INC) \times NV) + b (DU)]\} \times 10$$

Donde “a” tiene el valor estimado de 0.7, con el objetivo de asignar un porcentaje máximo del 70% sobre la totalidad de la calificación ambiental, a las variables MR, INC y NV. De igual manera, el valor previsto como “b” es denominado con un 0.3, el cual determina un porcentaje máximo del 30% sobre la totalidad de la calificación de importancia del impacto a la variable de Duración.

Finalmente, la Calificación de Importancia se puede valorar de acuerdo con la tabla 9.

Tabla 9: Calificación de importancia (CA)

	Intervalo de Valores	Posición en la escala	Color asociado
Calificación de Importancia (CA)	8-10	Muy significativo	Rojo
	6-8	Significativo	Naranja
	4-6	Medianamente significativo	Amarillo
	2-4	Ligeramente significativo	Azul
	0-2	Poco significativo	Verde

Fuente: Elaboración propia, basada en el informe realizado por (EPM, 2012, p.11)

La matriz desarrollada para el presente proyecto esta adjuntada como “Anexo 2” la cual se puede encontrar al finalizar el documento para su adecuada presentación de resultados,

además, gracias a esta matriz de evaluación de impactos ambientales se puede gestionar planes para la mitigación o compensación medioambiental que se ve obligada a suplir.

Tal como se puede ver en el “Anexo 2”, un aproximado del 90% de los impactos fueron posicionados en la escala “Poco significativo” prevista en la Tabla 9 del documento, deduciendo que los procesos en su totalidad no tienen un impacto importante en los componentes bióticos, abióticos y sociales, así que estas actividades y procesos pueden mantener su ritmo y condiciones iniciales, con un valor agregado de mantenimiento de herramientas, maquinaria y materia prima para que sigan teniendo un impacto insignificante con el ambiente.

A razón de la poca gravedad significativa de los valores obtenidos por las matrices de EPM/Arboleda, no es necesario implementar algún plan de compensación o mitigación para la mayor parte de sus impactos, cabe aclarar que nueve de estos impactos tuvieron una calificación denominada como “Ligeramente significativa” y tres más como “Medianamente significativa” sin embargo nueve de estos eran de clase positiva, es decir, el impacto al componente físico/abiótico/social es favorable al sujeto directamente implicado.

Al tener un panorama sin impactos negativos significativos para proponer algún plan de mitigación o compensación, no significa que no tenga impactos en contra del medio ambiente, es por eso que se propone almacenar el agua residual al comienzo de la fase dos denominada etapa de crecimiento en molde para ser usada en el riego de plantas; además al tener en cuenta que los resultados no fueron los esperados por el proyecto, dichas mezclas de los sustratos y micelio de hongos, más el agua y la harina fueron almacenados para ser utilizados en el proceso de compostaje, el cual es un valor agregado de esta clase de productos.

Conclusiones

En esta sección, se exponen de manera concisa y precisa los hallazgos más relevantes derivados de la investigación realizada, así como las limitaciones identificadas, las contribuciones obtenidas y una recapitulación de los objetivos planteados al inicio del estudio.

Es necesario destacar que la metodología se fundamentó en investigaciones y experimentos previamente realizados en distintas localidades a nivel mundial. En particular, se tomó como referencia el enfoque adoptado por la empresa ECOVATIVE, Una reconocida empresa de biotecnología con ubicación central en el estado de Nueva York que se especializa en la creación de productos empleando estructuras procedentes de las raíces de los hongos. Mediante un enfoque vanguardista y respetuoso con el medio ambiente, esta entidad logra cultivar una solución sustitutiva al embalaje de poliestireno en un plazo de aproximadamente una semana.

En función de lo expuesto anteriormente, el propósito planteado consistía en alcanzar la producción de este material en un lapso de aproximadamente una o dos semanas. No obstante, se ha podido constatar que el experimento demanda un tiempo adicional en cada una de las etapas, estimándose que se requiere al menos una semana adicional para el proceso de incubación y secado al aire libre. por lo que el tiempo se considera una variable limitante para este caso.

Por otro lado, durante la fase de moldeado se llevó a cabo a la selección de moldes plásticos que presentaban diversas características en términos de profundidad, diámetro y tamaño. Esta selección fue realizada con el propósito de generar réplicas precisas y establecer un punto de comparación que permitiera evaluar las diferentes opciones de molde y determinar cuál de ellas se ajustaba de manera óptima a los criterios técnicos y específicos establecidos

previamente. Donde se evidencia que los moldes de mayor diámetro y menor profundidad son los más adecuados para la formación del material y el secado.

Asimismo, uno de los objetivos primordiales consistió en desarrollar un material de naturaleza ligera, pero con una apariencia voluminosa, que pudiera reproducir de manera fiel las características estéticas del poliestireno expandido. Sin embargo, este objetivo no se alcanzó pues en la etapa de incubación algunas de las bolsas herméticas donde estaba contenido el sustrato mezclado con Micelio presentaba exceso de agua lo que impactó negativamente el crecimiento óptimo de las raíces de la Orellana y el champiñón blanco, comprometiendo tanto el tiempo requerido para su desarrollo como la calidad final del producto obtenido.

La selección de las especies de micelio de hongos se basó en las características previamente mencionadas. No obstante, se observaron algunas limitaciones. En el caso del sustrato de la especie Orellana, se constató que el tamaño del material orgánico era considerablemente grande, robusto y no moldeable, lo que dificultó el proceso de moldeado. Por otro lado, el sustrato del champiñón blanco presentaba una textura arenosa y moldeable, pero su color oscuro afectaba la estética del producto final.

En relación a los costos, es importante tener en cuenta que este producto se distingue por utilizar exclusivamente materias primas renovables, con el objetivo de crear un producto duradero y biodegradable. Se evita el uso de sustancias químicas que puedan generar contaminación en su disposición final. Debido a la integración de la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental es comprensible que los costos asociados sean ligeramente más elevados en comparación con los productos convencionales.

Es fundamental tener en cuenta que el valor final del producto se sustenta en sus beneficios ambientales y su contribución a la preservación del medio ambiente. Además, es importante destacar que, a largo plazo, el uso de este producto puede generar ahorros significativos, dado que requiere menor consumo de agua, energía, materiales y tiempo en comparación con otros materiales utilizados en el ámbito de la entrega de alimentos a domicilio. Asimismo, se visualiza a la posibilidad de una disminución en el precio final del producto, considerando el ahorro estimado de aproximadamente 3 litros de agua destilada durante su proceso de fabricación.

El estudio de mercado, el cual buscaba analizar la validación de la comunidad en cuanto a la calidad, utilidad, rentabilidad y aplicabilidad del producto final, no pudo ser concluido debido a variables temporales y a la falta de cumplimiento de las expectativas en los productos finales. No obstante, se recomienda implementar un control de olores para mejorar la aceptación del producto

Finalmente, este proyecto ha realizado una valiosa contribución a la investigación y tiene como objetivo servir de pionero en Colombia en el avance de las técnicas relacionadas. Se espera que esto inspire a aquellos interesados en este campo a continuar mejorando las metodologías en el futuro, con la finalidad de alcanzar los resultados esperados.

Referencias Bibliográficas

Barbosa, L. (2022). Breve historia del icopor (Poliestireno Expandido – EPS). Tomado de la página web: <https://mascolombia.com/breve-historia-del-icopor-poliestireno-expandido/>

Becerra, B.X. (2022). Hoy en día se reproduce el doble de desechos plásticos en el mundo que

hace 20 años. Tomado de la página web: <https://www.larepublica.co/globoeconomia/hoy->

[en-dia-se-produce-el-doble-de-desechos-plasticos-en-el-mundo-que-hace-20-anos-3310507](#)

Boddy, L., Frankland, J. C., & Van West, P. (Eds.). (2010). Ecology of saprotrophic basidiomycetes. Academic press.

Bolt Threads. (2022). Mycelium leather. Tomado de la página web:

<https://boltthreads.com/mycelium-leather/>

César, E., Bndala, V.M., & Montoya, L. (2022). Material biodegradable a base de hongos.

INECOL – Instituto de Ecología A.C. Tomado de la página web:

[http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1384-material-biodegradable-a-base-de-hongos.](http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1384-material-biodegradable-a-base-de-hongos)

Cetina, E.G. (2016). Formulación del plan de gestión ambiental (PGA) para jargu s.a corredores de seguros. Universidad Libre, Bogotá D.C. Tomado de la página web:

[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10424/proyecto%20de%20grado.pdf?sequence=1#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20EPM%20o%20M%C3%A9todo,s e%20eval%C3%BAan%20los%20impactos%20ambientales.](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10424/proyecto%20de%20grado.pdf?sequence=1#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20EPM%20o%20M%C3%A9todo,s e%20eval%C3%BAan%20los%20impactos%20ambientales)

Concejo de Bogotá. (2019). Proyecto de acuerdo N° 399 de 2019. Anales del concejo de Bogotá,

D.C. Edición 2940. Tomado de la página web: https://www.andi.com.co/Uploads/Bogota-Concejo-PA-2019-N399_20191114.pdf

Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1333 de 2009. Tomado de la página web:

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=36879

Congreso de la República de Colombia. (2019). Proyecto de Ley No. 60 Senado. Tomado de la página web: <https://www.andi.com.co/Uploads/PL%20060-19%20Icopor.pdf>

Cámara de Representantes. (2021). Ley N° 010 De 2020 Cámara, Acumulado Con El Proyecto De Ley N° 274 de 2020 Cámara. Tomado de la página web:

<https://senado.gov.co/index.php/documentos/comisiones/constitucionales/comision-quinta/proyectos-de-ley/proyectos-de-ley-y-ponencias-periodo-constitucional-2018-2022/proyectos-de-ley-y-ponencias-legislatura-20-julio-2021-20-julio-2022/p-de-l-no-213-2021-senado-010-2020-camara-reduccion-gradual-de-plasticos-de-un-solo-uso/5729-p-de-l-texto-camara-no-213-2021-senado-010-2020-camara-reduccion-gradual-de-plasticos-de-un-solo-uso/file>

Ecovative. (2017). Safety Data Sheet. Tomado de la página web: <https://grow.bio/pages/msds>

Ecovative. (s.f). Our Story. Tomado de la página web: <https://www.ecovative.com/pages/our-story>

EPM. (2012). 5. Evaluación Ambiental. Tomado de la página web:

https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Nueva%20Esperanza/CAP_5.pdf

Frers, C. (2005). La problemática de la educación ambiental. Tomado de la página web:

https://www.ecoportal.net/temas-especiales/educacion-ambiental/la_problematika_de_la_educacion_ambiental/

Geyer, R., Jambeck, J., & Lavender, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science. Vol. 3. No. 7. Tomado de la página web:

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>

- Gutiérrez, S.A. (2022). Desarrollo de un sustituto al poliestireno a partir de residuos agroindustriales colombianos y micelio de un hongo comercial. Tomado de la página web:
https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/5267/AristizabalSofia_2022_DesarrolloSustitutoPoliestireno.pdf?sequence=10&isAllowed=y
- Infobae. (2017). “Hay tantos residuos plásticos en el mundo que podrían cubrir el tamaño de Argentina”. Tomado de la página web:
<https://www.infobae.com/economia/rse/2017/11/06/hay-tantos-residuos-plasticos-en-el-mundo-que-podrian-cubrir-el-tamano-de-argentina/>
- Khan, M. A., Shah, M. R., Azam, S. M. A., & Nawaz, H. (2021). Mushroom mycelia as an alternative source for polymeric materials. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(4), 1118-1131. Tomado de la página web: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01968-x>
- Knauf Industries. (2017). Historia del poliestireno: Así fabrica EPS Knauf Industries. Tomado de la página web: <https://knauf-industries.es/historia-del-poliestireno-asi-fabrica-eps-knauf-industries/#:~:text=Proviene%2C%20por%20tanto%2C%20del%20petr%C3%B3leo,que%20se%20fabrica%20poliestireno%20expandido.>
- Latgé, J. P. (2007). The cell wall: a carbohydrate armour for the fungal cell. *Molecular microbiology*, 66(2), 279-290
- López, G.B.C. (2016). Proyecto de Ley N° 105 de 2016 Cámara. Tomado de la página web: <https://www.andi.com.co/Uploads/Proyecto%20de%20Ley%20105%20de%202017-C%C3%A1mara.pdf>

López, L.A. & Mora, W.P. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Informador Técnico*, 83(2), 209-219. Tomado de la página web: <https://doi.org/10.23850/22565035.1638>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Resolución 1443 de 2012. Tomado de la página web: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4143-de-2012.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un solo Uso. Bogotá. D.C. Tomado de la página web: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/plan-nacional-para-la-gestion-sostenible-de-plasticos-un-solo-uso-minambiente.pdf>

Montilla, T.E., & Mamian, H.R. (2021). Icopor asesino silencioso de la vida. Universidad Libre Seccional Cali. Tomado de la página web: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19206/Icopor%20asesino%20silencioso%20de%20la%20vida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Municipio de Guatapé – Antioquia. (2019). Guatapé, primer municipio de Antioquia en prohibir el uso del icopor, mediante acuerdo municipal. Tomado de la página web: <https://www.municipiodeguatape.gov.co/publicaciones/602/guatape-primer-municipio-de-antioquia-en-prohibir-el-uso-del-icopor-mediante-acuerdo-municipal/>

MycoWorks. (2022). Products. Tomado de la página web: <https://www.mycoworks.com/products>

ONU. (2022). El mundo se une contra el plástico. Tomado de la página web: <https://news.un.org/es/story/2022/03/1504922>

Pandey, A., Soccol, C. R., Mitchell, D., & Mohan, R. (2016). New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products. *Process Biochemistry*, 51(11), 1727-1743.

Parker, L. (2018). Datos sobre la contaminación por plástico. Tomado de la página web:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/05/datos-sobre-la-contaminacion-por-plastico>

Ramírez, J.Z., & Cuevas, T.C. (2018). Análisis de ciclo de vida del poliestireno expandido usado en contenedores de alimentos en Colombia. *Ingeciencia*, Vol 3. N° 2. Universidad Central. Tomado de la página web:

https://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2874/2835

Redacción Business Insider. (2022). Convierten hongos en alternativa a plástico y cuero.

Business Insider. Tomado de la página web: <https://www.businessinsider.es/convierten-hongos-alternativa-plastico-cuero-590247>

Semana. (2019) Con ley buscarán prohibir el uso del icopor en Colombia. Tomado de la página web: <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/radicaran-ley-para-prohibir-el-icopor-en-colombia/45043/>

Soto, B.L. (2012). Resolución 683 de 2012. Ministerio de Salud y Protección Social. Tomado de la página web:

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>

Sustainable Fashion Matterz. (2021). The rise of mushroom leather. Tomado de la página web:

<https://www.sustainablefashionmatterz.com/the-rise-of-mushroom-leather>

Vasconcelos, Y. (2019). El Planeta Plástico. Pesquisa, Edición 281. Tomado de la página web:

<https://revistapesquisa.fapesp.br/es/el-planeta-plastico/>

Vicentini, N. M., Farinas, C. S., & de Castro, A. M. (2021). Lignocellulosic substrates for bioplastics production by *Pleurotus ostreatus*. *Waste and Biomass Valorization*, 12,

3421–3433. Tomado de la página web: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01258-7>

Villa-Rivera, L. M., Medina-Torres, L., López-Martínez, L. X., Morales-López, J., & Aguilar, C.

N. (2021). Production and characterization of polyhydroxyalkanoates produced by

Aspergillus niger and *Trichoderma reesei*. *Journal of applied microbiology*, 131(1), 283

Yanes, J. (2021). 5 alternativas para un planeta sin plástico. Tomado de la página web:

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/5-alternativas-para-un-planeta-sin-plastico/>

ANEXO 1

Archivo PDF adjunto al informe

ANEXO 2

Archivo Excel adjunto al informe