



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE IMPERMEABLE PARA
SU UTILIZACIÓN EN VAJILLA DESECHABLE”

AUTORES: Nelson Enrique Hurtado Salazar

Javier Alexander Molina Guerrero

TUTOR: Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE IMPERMEABLE PARA SU UTILIZACIÓN EN VAJILLA DESECHABLE”**, elaborado por los señores **Nelson Enrique Hurtado Salazar**, portador de la cédula de ciudadanía **C.I. 0503135881** y **Javier Alexander Molina Guerrero**, portador de la cédula de ciudadanía **C.I. 1804476032**, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2024



.....
Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Nelson Enrique Hurtado Salazar**, con C.I. **0503135881** y **Javier Alexander Molina Guerrero**, con C.I. **1804476032**, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE IMPERMEABLE PARA SU UTILIZACIÓN EN VAJILLA DESECHABLE”**, así como también las ideas de diseño, parámetros, criterios, análisis, graficas, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



.....
Nelson Enrique Hurtado Salazar

C.I. 0503135881

AUTOR



.....
Javier Alexander Molina Guerrero

C.I. 1804476032


AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta, y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos en línea patrimoniales de nuestro Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



.....
Nelson Enrique Hurtado Salazar

C.I. 0503135881

AUTOR



.....
Javier Alexander Molina Guerrero

C.I. 1804476032

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por los estudiantes Nelson Enrique Hurtado Carvajal y Javier Alexander Molina Guerrero, de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“OBTENCIÓN DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE IMPERMEABLE PARA SU UTILIZACIÓN EN VAJILLA DESECHABLE”**.

Ambato, febrero 2024

Por constancia firma:



Ing. Edwin Leonardo Sánchez Almeida Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Vanessa Fernanda Morales Rovalino, MSc.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Se lo dedico primeramente a Dios y a la Virgen, por darme salud, vida y fuerza para lograr cumplir mis más anhelados sueños.

A mi madre, Vilma Janeth Salazar Aguas por enseñarme a ser un buen hijo y demostrarme que con esfuerzo y dedicación los sueños se cumplen, por ser ese pilar fundamental en mi vida personal y académico, por ser incondicional en los momentos buenos y malos, y por dedicar su vida a enseñarnos a ser mejores seres humanos.

A mi hermana, Somer Michelle Hurtado Salazar por sus grandes consejos y enseñanzas, por su apoyo incondicional que me permitieron cumplir con este objetivo de mi vida. A mi cuñado Pablo Espín y mis sobrinos Pablo Steffano y Emilia Rafaela, esperando que esto sea de motivación para que vean que los sueños se cumplen.

A mis abuelitos, Gustavo Salazar e Hilda Aguas por cuidarme y motivarme a cumplir con mis objetivos, por enseñarme que con esfuerzo y trabajo conseguiré lo que me proponga en mi vida.

También quiero dedicarle este trabajo a mi esposa María Belén Carvajal Bustos. Por tu paciencia, por tu comprensión, por tu fuerza, por tu amor. Realmente, tu infinito apoyo me ayudo a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial y lograr cumplir esta meta.

Se la dedico también a mi hijo Josué Ismael Hurtado Carvajal. Su nacimiento, sin duda ha sido lo mejor que me ha pasado en la vida, y ha llegado en el momento justo para darme esa motivación e inspiración para alcanzar este logro tan importante.

Y, finalmente, a los que creyeron en mí y me apoyaron siempre, me brindaron palabras de motivación y cariño, pero también se la dedico a quienes no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

Nelson Enrique Hurtado Salazar

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación principalmente a Dios, quien me brindo salud y vida para alcanzar las diferentes etapas que me han hecho llegar hasta este momento.

A mis padres Elisa y Mario quienes han sido un gran soporte tanto emocional como instrumentales; motivándome y apoyándome en las diferentes decisiones que he tenido, logrando no darme por vencido por haber permanecido en las altas y bajas de la vida, haberme motivado en seguir adelante que al final del túnel siempre habrá una luz ya sea pequeña o grande, por su amor incondicional y enseñarme que siempre se debe afrontar los problemas.

A mis hermanos Bryan, Jordan y Lissette que han sido un gran apoyo ilimitado para no rendirme, esperando que les sirva de ejemplo de a pesar de las dificultades que nos presenta la vida siempre que se sea constante todo se puede lograr.

A mis tías Maruja y Mariela que han sido un apoyo emocional y brindarme su ayuda en los momentos que lo he necesitado.

A mis amigos que han sido un apoyo en los momentos difíciles y por sus consejos que me han ayudado a no rendirme.

Y finalmente a mis mascotas que me acompañaron en estos años de estudio.

Javier Alexander Molina Guerrero

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a la Virgen por darme salud, vida y fuerza para seguir adelante, por fortalecer mi alma y mi corazón, e iluminar mi mente para alcanzar mis metas.

Le agradezco a mi madre Vilma Salazar por su amor incondicional que siempre me ha brindado su apoyo para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ella con su cariño me ha impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. A mis abuelos, quienes supieron estar cuando más los necesitaba. A mi hermana Somer Hurtado, su apoyo moral, su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. A mis sobrinos Steffano y Emilia quienes supieron brindarme su cariño.

Pero, sobre todo, quiero agradecer a la mujer que me acompañó en este gran reto, mi esposa Belén Carvajal y también a mi hijo Josué Hurtado, por su amor, paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto, ustedes han sido lo mejor que me ha pasado en la vida y les agradezco por el tiempo que me han concedido a su lado. Sin su apoyo este trabajo nunca se habría escrito y, por eso, este trabajo es también el suyo.

Quisiera expresar mi agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Jorge López Mg. Su comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación. De igual forma, son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios.

A mi compañero de tesis, Javier Molina por su amistad y apoyo para que juntos logremos conseguir nuestro anhelado título.

Me gustaría agradecer a la Universidad Técnica de Ambato por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de conseguir mi carrera profesional.

Nelson Enrique Hurtado Salazar

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios que me brindo los diferentes dones que me han facilitado y permitido realizar las diferentes actividades para lograr dar los pasos necesarios para culminar esta etapa de mi vida y por la maravillosa oportunidad de tener la gran familia, hicieron de mí una persona que siempre puede soñar con el mañana.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato por haberme permitido ser uno más de sus alumnos, haberme dado la oportunidad de permanecer a la Facultad de Ingeniería Mecánica, por medio de mis docentes donde recibí todos los conocimientos posibles para mi formación y lograr ser un profesional.

Agradezco a mi tutor quien me guio y ayudo a culminar mi trabajo de titulación.

A mi compañero de proyecto Nelson, y además de mis compañeros de aula que fueron participé en mi formación profesional.

Javier Alexander Molina Guerrero

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xx
ABSTRACT	xxi
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	2
1.3. Fundamentación teórica.....	5
1.3.1. Desechos sólidos	5
1.3.2. Residuos orgánicos.....	6
1.3.3. Residuos inorgánicos.....	6
1.3.4. Impacto del plástico de la industria productiva.....	6
1.3.5. Impacto Ambiental de Envases Desechables actuales	7

1.3.6.	Desarrollo sostenible	9
1.3.7.	Poliestireno en el contexto Ambiental.....	10
1.3.8.	Plásticos.....	11
1.3.9.	Material Compostable	12
1.3.10.	Material Biodegradable.....	13
1.3.11.	Vajilla Biodegradable	15
1.3.12.	Biopolímeros.....	17
1.3.13.	Bioplásticos.....	19
1.3.14.	Almidones	20
1.3.15.	Alternativa Ambiental.....	20
1.3.16.	Sostenibilidad.....	21
1.3.17.	Plásticos en el mundo	22
1.3.18.	Residuos Agroambientales	23
1.3.19.	Normas.....	23
1.3.20.	Teoría de la burbuja	24
1.4.	Objetivos.....	25
1.4.1.	Objetivo General.....	25
1.4.2.	Objetivos específicos	25
1.5.	Planteamiento de la Hipótesis.....	25
1.6.	Variables de estudio.....	26
1.6.1.	Variable Dependiente	26
1.6.2.	Variable Independiente.....	26
CAPITULO II.....		27
MARCO METODOLÓGICO		27
2.1.	Materiales.....	27

2.2.	Tipos de la investigación	31
2.2.1.	Bibliográfico.....	31
2.2.2.	Documental.....	31
2.2.3.	Experimental.....	31
2.3.	Modalidad de la investigación	32
2.3.1.	Histórico - Lógico.....	32
2.3.2.	Observación	32
2.3.3.	Hipotético - Deductivo	32
2.4.	Requisitos de los componentes del producto.....	33
2.4.1.	Características intrínsecas.....	33
2.4.2.	Normativa Legal.....	35
2.5.	Aplicación de la Normativa en la fabricación de vajilla.....	38
2.5.1.	Prueba de biodegradabilidad	39
2.5.2.	Ensayo de Dureza Shore D.....	39
2.5.3.	ASTM D 7264/D 7264M – 07.....	40
2.5.4.	ASTM D 5628 – 96	40
2.6.	Adquisición de materia prima.....	40
2.7.	Diagrama de desarrollo del prototipo	42
2.8.	Mapa de procesos.....	43
CAPITULO III		44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
3.1.	Interpretación del ensayado	44
3.2.	Mezclas para la elaboración de los platos con los materiales obtenidos	47
3.3.	Análisis de resistencia y modelado el software	62
3.4.	Impermeabilidad de la vajilla Desechable	63

3.5. Ensayos físicos y mecánicos	66
3.5.1. Ensayos de Flexión.....	66
3.5.2. Ensayo de Impacto.....	75
3.5.3. Ensayo de Dureza	100
3.6. Prueba de biodegradabilidad.....	121
3.7. Validación de la hipótesis	125
Variable Dependiente	125
Variable Independiente.....	126
CAPITULO IV	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
4.1. Conclusiones	130
4.2. Recomendaciones	131
REFERENCIAS	132
Anexos.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Lista de productos empleados en la fabricación del material.....	27
Tabla 2.- Lista de productos empleados en la fabricación del material.....	28
Tabla 3.- Requisitos del material (Cascarilla).	33
Tabla 4.- Requisitos del material (Bagazo de Caña de Azúcar).	34
Tabla 5.- Requisitos del material (Salvado de Trigo).....	35
Tabla 6.- Material de referencia para en ensayado [3] [60].....	37
Tabla 7.- Ficha técnica Polhidral de Grado Alimenticio.	38
Tabla 8.- Plato elaborado con salvado de trigo, almidón de papa y agua.....	48
Tabla 9.- Plato elaborado con Cascarilla de arroz, almidón de maíz y agua.....	52
Tabla 10.- Plato elaborado con bagazo de caña de azúcar, almidón de yuca y agua	56
Tabla 11.- Valores obtenidos para la fabricación de platos con salvado de trigo.	59
Tabla 12.- Platos fabricados con la mezcla de salvado de trigo, almidón de papa y agua.	59
Tabla 13.- Valores para la fabricación de platos con cascarilla de arroz.	60
Tabla 14.- Platos fabricados con la mezcla de cascarilla de arroz, almidón de maíz y agua.	60
Tabla 15.- Valores para la fabricación de platos con bagazo de caña de azúcar.	61
Tabla 16.- Platos fabricados con la mezcla de bagazo de caña de azúcar, almidón de yuca y agua.....	61
Tabla 17.- Resultados de prueba a flexión para vajilla de plástico.	68
Tabla 18.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con salvado de trigo.	69
Tabla 19.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con salvado de trigo con película impermeable.....	70

Tabla 20.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con cascarilla de arroz.	71
Tabla 21.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con cascarilla de arroz con película impermeable.	72
Tabla 22.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con caña de azúcar.	73
Tabla 23.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con caña de azúcar con película impermeable.	74
Tabla 24.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Dream Pack.....	77
Tabla 25.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Darnels Naturals.	79
Tabla 26.- Ensayo de impacto en el plato plástico.	81
Tabla 27.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua.	84
Tabla 28.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable.	86
Tabla 29.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua.	89
Tabla 30.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable.....	91
Tabla 31.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua.	94
Tabla 32.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable.	96
Tabla 33.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Dream Pack de 7 in.	101
Tabla 34.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Darnels Naturals de 7 in...	103
Tabla 35.- Ensayo de dureza en el plato plástico de 7 in.....	104
Tabla 36.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua de 7 in.	106

Tabla 37.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua de 7 in con película impermeable.	108
Tabla 38.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua de 7 in.	109
Tabla 39.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua de 7 in con película impermeable.	111
Tabla 40.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua de 7 in.	113
Tabla 41.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua de 7 in con película impermeable.	114
Tabla 42.- Dureza Shore D en platos biodegradables nacionales e internacionales, y plásticos.	116
Tabla 43.- Dureza Shore D en platos biodegradables sin película impermeable.	117
Tabla 44.- Dureza Shore D en platos biodegradables con película impermeable.	118
Tabla 45.- Ensayo de Biodegradabilidad en el plato de salvado de trigo con almidón de papa y agua.	121
Tabla 46.- Ensayo de biodegradabilidad exhibido al aire libre en el plato de salvado de trigo con almidón de papa y agua.	122
Tabla 47.- Ensayo de Biodegradabilidad en el plato de cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua.	123
Tabla 48.- Ensayo de Biodegradabilidad en el plato de bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua.	123
Tabla 49.- Ensayo de biodegradabilidad exhibido al aire libre en el plato de bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua.	124
Tabla 50.- Distribución de T Student [68].	127
Tabla 51.- Valores estadísticos.	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Productos de poliestireno [21].	8
Figura 2.- Productos de polipropileno [21].	8
Figura 3.- Estructura del poliestireno [31].	11
Figura 4.- Vajilla fabricada con materiales biodegradables [39].	13
Figura 5.- Vajilla fabricada por la empresa BIOZOIG [39].	16
Figura 6.- Platos fabricados a base de biomasa vegetal [30].	16
Figura 7.- Probetas norma ASTM D 7264/D 7264M – 07.	40
Figura 8.- Probetas norma ASTM D 5628 – 96.	40
Figura 9.- Salvado de trigo.	41
Figura 10.- Cascarilla de arroz.	41
Figura 11.- Bagazo de la caña de azúcar triturado.	41
Figura 12.- Proceso de manufactura de vajilla biodegradable.	42
Figura 13.- Prensadora de platos [3].	44
Figura 14.- Salvado de trigo.	45
Figura 15.- Cascarilla de arroz molido.	45
Figura 16.- Horno precalentado a 50 °C.	45
Figura 17.- Bagazo de caña de azúcar molido por primera vez.	46
Figura 18.- Bagazo de caña de azúcar molido por segunda vez.	46
Figura 19.- Modelado del plato.	62
Figura 20.- Deformación unitaria con respecto el peso de 289 gr.	62
Figura 21.- Desplazamiento del fondo del plato.	63
Figura 22.- Impermeabilizante sellador Polhidral de Grado Alimenticio.	63
Figura 23.- Aplicación de la película impermeable a los platos.	64
Figura 24.- Segundo recubrimiento del sellador polhidral de grado alimenticio a los platos.	64

Figura 25.- Aplicación de agua al plato sellado.	65
Figura 26.- No existe humedad en la hoja.	65
Figura 27.- Cortadora laser omtech.	66
Figura 28.- Probeta cortada con la cortadora laser.	66
Figura 29.- Máquina para ensayos de tracción y flexión.....	67
Figura 30.- Colocación de las probetas en la máquina para ensayos de flexión.	67
Figura 31.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación vajilla de plástico.	68
Figura 32.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación salvado de trigo.	69
Figura 33.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación salvado de trigo con película impermeable.....	70
Figura 34.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación cascarilla de arroz.	71
Figura 35.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación cascarilla de arroz con película impermeable.....	72
Figura 36.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación caña de azúcar. ..	73
Figura 37.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación caña de azúcar con película impermeable.....	74
Figura 38.- Máquina de Impacto.	75
Figura 39.- Dardo FE de 231 gr, y anillos con masa equivalente.	75
Figura 40.- Cálculo de la altura del dardo (calibración).....	76
Figura 41.- Accionamiento de la máquina para crear el impacto del dardo con la probeta.	76
Figura 42.- Probetas sometidas al ensayo de impacto.....	99
Figura 43.- Comparación de los materiales sin película impermeable.....	100
Figura 44.- Comparación de los materiales con película impermeable.....	100
Figura 45.- Instrumento de precisión. Durómetro.	101

Figura 46.- Toma de medidas con el durómetro en los platos.	101
Figura 47.- Comparación de la dureza en platos biodegradables nacionales e internaciones y plásticos.	116
Figura 48.- Comparación de la dureza en platos biodegradables sin película impermeable.	117
Figura 49.- Comparación de la dureza en platos biodegradables con película impermeable.	118
Figura 50.- Comparación de la dureza de los platos.	119
Figura 51.- Dimensión del plato de 7” de Darnels Naturals [53].	120

RESUMEN EJECUTIVO

En los últimos años, las naciones industrializadas han visto un aumento significativo en la producción de desechos domésticos, de igual forma, la creciente conciencia ambiental y la demanda de alternativas sostenibles han generado la necesidad de desarrollar materiales biodegradables e impermeables que permitan disponer de elementos amigables con el medio ambiente.

Se obtuvo un material biodegradable impermeable para utilizar en vajilla desechable, bajo una metodología de tipo experimental y se realizaron una serie de ensayos; dureza, flexión e impacto, y pruebas de impermeabilidad y degradabilidad, abordando de manera integral los desafíos asociados con la obtención de este material; utilizando las normas internacionales y nacionales necesarias para garantizar que el resultado sea una opción válida, que cumpla los requisitos y parámetros necesarios para garantizar la seguridad alimenticia de las personas. Además, se realizó una simulación del comportamiento del plato en un software específico, determinando su máxima deformación, colocando la fuerza máxima obtenida de los ensayos e indicando las condiciones de sujeción fija para que el plato no presente ningún desplazamiento y lograr obtener resultados óptimos.

Los resultados permiten aseverar que el bagazo de caña de azúcar posee una menor resistencia; estos valores fueron similares para el ensayo de flexión, impacto y dureza sin la aplicación de una película impermeable. Finalmente, pero no menos importante para el tema de impermeabilidad se aplicó la película de grado alimenticio donde arrojó similares resultados para el producto final siendo la cascarilla de arroz el mejor material biodegradable e impermeable.

Palabras claves: material biodegradable; impermeable; vajilla desechable, salvado de trigo, cascarilla de arroz, bagazo de caña.

ABSTRACT

In recent years, industrialized nations have seen a significant increase in the production of household waste, likewise, the growing environmental awareness and the demand for sustainable alternatives have generated the need to develop biodegradable and waterproof materials that allow for environmentally friendly elements.

A waterproof biodegradable material was obtained for use in disposable tableware, under an experimental methodology and a series of tests were carried out; hardness, flexure and impact, and waterproof and degradability testing, comprehensively addressing the challenges associated with obtaining this material; using the necessary international and national standards to ensure that the result is a valid option, which meets the requirements and parameters necessary to ensure people's food safety. In addition, a simulation of the behavior of the plate was carried out in a specific software, determining its maximum deformation, placing the maximum force obtained from the tests and indicating the fixed clamping conditions so that the plate does not present any displacement and achieve optimal results.

The results allow us to assert that sugarcane bagasse has a lower resistance; These values were similar for the bending, impact and hardness test without the application of a waterproof film. Last but not least, for the issue of impermeability, the food grade film was applied where it yielded similar results for the final product, with rice husk being the best biodegradable and waterproof material.

Keywords: biodegradable material; raincoat; disposable tableware, wheat bran, rice husks, cane bagasse.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

“Obtención de un material biodegradable impermeable para su utilización en vajilla desechable”.

1.1. Antecedentes

Zhang y Sablani [1] expusieron que debido al alto uso que tienen los plásticos y su alta contaminación cada vez es más grande la necesidad de fabricar envases y productos biodegradables que sean sostenibles. Para lograr esto se requiere usar materiales de origen vegetal o incluso Productos Agroalimenticios de Origen Vegetal o sus siglas en inglés (PWB) aprovechando así el uso de sus residuos desechados para producir vajillas de tipo biodegradable. Con la implementación de un material biodegradable los envases y productos pueden mejorar su calidad. Al no existir información relevante del PWB las industrias no logran comercializar y utilizar este material biodegradable, sin embargo, este material cumple con las propiedades físicas y químicas necesarias para la fabricación bajo normas nacionales e internacionales de calidad para el uso en vajillas desechables [2].

El extracto de harina de semilla de uva es un producto de componentes químicos renovables que se evaluaron a través de un film biodegradable para envases de distintos productos. Este estudio tuvo una duración de 182 días y estuvo expuesto a una temperatura de 20 °C en donde se analizaron varias características para confirmar su viabilidad, entre ellas las fisicoquímicas que son la humedad, acidez total, sólidos solubles, pH, además de otros compuestos como contenidos fenólicos y antioxidantes. De igual forma en este estudio se comparó con otros productos entre ellos el film de polietileno, arrojando resultados como que el material biodegradable tuvo un aumento en la humedad y el pH de su contenido, al mismo tiempo disminuyó los sólidos solubles y su acidez. Entonces se determina que los materiales de origen vegetal son mejores para el envasado de productos y que al realizar un film biodegradable logramos obtener un material biodegradable potencial para sustituir los materiales plásticos y comunes [3].

A nivel mundial se indica que la contaminación por plástico es muy preocupante para el medio ambiente, por lo que se ha tratado de introducir varios métodos para lograr reducir la demanda de desechos de plásticos y buscar controlar esta contaminación; en especial el caso de las vajillas de plástico que son de un solo uso y que generalmente se usan en la

playa para consumo diario de las personas que visitan la región costa de nuestro país. Por lo que algunos sectores han impuesto objetivos concretos para tratar de eliminar la producción de plásticos de un solo uso, y ser reemplazados por productos que estén fabricados con materiales biodegradables y que como efecto de esta aplicación poder sobresalir un aspecto positivo en el cambio del ambiente global [4].

En un trabajo realizado por Aguiar et al., [5] determino que una elección precisa y acertada es utilizar nuevas fuentes de recursos renovables para la fabricación de vajillas desechables con materiales biodegradables. El uso de estos recursos biodegradables hace que la fabricación de vajillas desechables no se realice con plásticos convencionales y antiguos, debido a que no tienen aspectos biodegradables y no se consideraron dentro de las normas nacionales e internacionales de fabricación de vajillas desechables, ya que como es muy conocido que los plásticos tienen una larga prolongación al momento de descomponerse en su totalidad. Esta investigación fue realizada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en los laboratorios de Innovación y Procesos Industriales de la Facultad de Ingeniería Mecánica (Universidad dedicada a la investigación), donde el principal producto de estudio fue el tallo de banano, el cual fue procesado por hidróxido de sodio (NaOH), agua e hipoclorito de sodio (NaClO) para su purificación y blanqueamiento, endureciendo sus fibras. Como resultado de estas fibras lograron tener características de impermeabilidad similares al plástico, pero bien diferenciados al momento de su descomposición [6].

1.2. Justificación

En el año 1950 se llevó un registro de 2 millones de toneladas de plástico de un solo uso, evidenciado así el incremento de la producción de plástico en el mundo, por lo que para el año 2019 se registraron un total de 368 millones de toneladas de plásticos, y se estima que para un futuro no muy lejano estos valores se incrementen de manera gradual a más de 600 millones de toneladas para el año 2025. Estos valores tienen cierta controversia ya que se manifestó que para el año 2025 el peso del plástico va a ser mayor que el peso promedio de la humanidad actual que habita en el mundo [4].

Tan solo el 10% de la producción de plástico que fabrican las empresas son recicladas de forma industrial, mientras que el sobrante de la producción lo desechan a lugares poco comunes y en especial en el mar, donde es el lugar que más desechos de plásticos tiene hasta el momento, donde es alojado como basura y micropartículas, afectando de forma

directa la fauna marina y en cierta forma indirecta a todos los habitantes de este planeta. Estadísticas analizadas por la ONU han determinado que se han encontrado micro plásticos en la sal que se usa en los hogares y conocida como la sal de mesa, también se encontró en el agua potable en un 83%, y en el agua embotellada en un 90% [7].

En referencia al plástico podemos decir que es el material más contaminante del mundo y el más dañino para el medio ambiente, sin embargo, no solo afecta al medio en el que se coexiste, sino también a la salud de las personas que habitan este planeta, ya que en estudios realizados se han demostrado que el consumo de alimentos envasados y elevados a temperaturas altas son perjudiciales para la salud [8]. Todos estos estudios tienen cierta controversia con sus resultados, ya que muchas opiniones son en contra de ellos, y manifiestan que no están en lo correcto, sin embargo, un reciente estudio investigativo realizado por expertos de la Universidad Médica de Kaohsiung [9], manifestaron que la exposición de manera directa y por un tiempo extendido a la melanina (resina de la industria plástica), puede causar alteraciones en la composición química de los riñones afectando la salud ya que generan cálculos renales.

El plástico libera plastificantes que son muy dañinos para la salud del ser humano, estos son recubiertos en las superficies de los micro plásticos los cuales son arrancados por el viento llegando a esparcirse por todo el ecosistema. El plástico no solamente contamina el aire que se respira y a los ecosistemas, sino, también contamina el agua del cual es usada en diferentes e industrias, el cual el 79% de plástico es acumulado en vertederos. En el año 2017 al suroeste del territorio mexicano se dio a conocer evidencia de micro plásticos que contaminaban el suelo. A diferencia de un material biodegradable que es amistoso con el suelo [10].

En 2019, se mostró comprometido la lucha con el medio ambiente que impulso el Ecuador en la que fue participe de la “Alianza del Pacífico” y que en ese año se propuso erradicar la producción del plástico de un solo uso en el país. Ecuador importó un valor de 47 596 toneladas de residuos plásticos que se fabricaron entre el año 2018 hasta el año 2020, lo que significó un costo elevado de 19 millones de dólares provenientes de norte américa, especialmente de Estados Unidos. En relación con estos datos hace que el Ecuador sea considerado como el tercer país que más importa desechos plásticos [11].

En el ámbito alimenticio lo más común es que los productos se encuentren envasados en plásticos y además de eso los alimentos se sirvan en otros productos de plástico como

cubiertos, vasos, sorbetes, palillos, cuchillos, platos y demás vajillas desechables elaboradas con plásticos de un solo uso. Y estudios realizados por la INEC, expusieron que en el año 2018 antes de la pandemia generada por el Covid-19, el 47,47% de los hogares ecuatorianos clasifican la basura, siendo el 31,98% que pertenece a los residuos de desechos plásticos [12].

En las ciudades del país como Santo Domingo de los Tsáchilas se detalla el consumo de plástico en el ámbito alimenticio entre otros, donde se refleja que existe una producción anual de 1 855,62 kilogramos de residuos plásticos clasificados como basura y que el tiempo de degradación es de 150 a 1 000 años [13]. De igual forma existe información en la ciudad de Ambato donde también es considerado un gran consumidor de plástico ya que se genera 300 toneladas diarias de plástico, donde el 3% es lo único que puede ser reciclado. Además, que el Ministerio del Ambiente impuso una resolución para sancionar a las empresas que producen plásticos de un solo uso. La creación del material biodegradable tiene como propósito el contribuir con el medio ambiente, dejar de usar materiales no renovables y así poder empezar a implementar los materiales renovables en vajillas dejando el uso del plástico. El plástico es un material no renovable, sin embargo, se utiliza para obtener vajillas, además de otros componentes que al final son desechados.

Debido a la pandemia del Covid-19 la producción de plásticos de un solo uso se incrementó en China ya que este país fue origen del virus y se convirtieron en el país con más desechos plásticos en el mundo generando un total de 25 357 toneladas de desechos plásticos [14], lo que indica que el encierro domiciliario del mundo triplicara el uso de estos plásticos. Lo que ha generado una incógnita en si debemos usar productos biodegradables para la industria y mejorar el medio ambiente.

Utilizar un material biodegradable hace que el ser humano sea más amigable con la naturaleza ya que la descomposición de un material biodegradable es mucho más rápida que la descomposición de un material plástico, porque en la descomposición del material biodegradable existe la participación de factores como el viento, el sol, la temperatura, la lluvia, la humedad, y los hongos, que depende de la composición química y física para retornar a la tierra de forma natural y ecológica, sin ninguna intervención por parte del ser humano.

El actual trabajo de investigación experimental propone obtener un material que sea biodegradable y que tenga parámetros de impermeabilidad y de factores renovables para

que sean utilizados en la fabricación y elaboración de vajillas desechables, los mismos que serán usados en la industria y que nos permitan contribuir con la naturaleza y mejorar la calidad del medio ambiente. Adicionalmente para el año 2021 en Estados Unidos de Norte América se presenta una industria en la que se fabricaba vajillas desechables obteniendo el segundo lugar con un 83 % en el mercado [1]. Y en el país se determinó que en la ciudad de Quito 6 593 empresas están fabricando vajillas desechables de origen biodegradable.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Desechos sólidos

En los últimos años, las naciones industrializadas han visto un aumento significativo en la producción de desechos domésticos, con un incremento anual del dos o tres por ciento por año [15]. La cantidad de residuos generados es inversamente proporcional al nivel de desarrollo del país en cuestión. Diariamente, consumimos y desechamos una amplia variedad de productos de corta duración, desde pañales para bebés hasta periódicos. Los envases representan el 40% de los desechos domésticos, lo que no solo afecta al medio ambiente, sino que también aumenta el costo de los productos [16]. Una vez que arrojamos la tapa del bote de basura, solemos olvidarnos del problema, dejándolo en manos de los municipios. Estos tienen diversas opciones, como el vertedero (económico pero peligroso), la incineración (costosa y contaminante) o la separación en plantas de tratamiento para reciclaje y la conversión de residuos orgánicos en abono. Aunque más ecológica, esta última opción también resulta ser la más costosa [17].

En Ecuador, la noción de reciclaje está ganando gradualmente aceptación entre la población, respaldada por proyectos que buscan concienciar, educar y promover la cultura del reciclaje. Según un estudio de la Fundación Natura sobre la composición de los desechos domésticos en Ecuador, el 70% corresponde a materia biodegradable, el 17% es material reciclable y el 13% corresponde a otros componentes. Este estudio, que examina la gestión de los residuos sólidos, fue llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en colaboración con la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) en los 221 Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) del país entre octubre de 2014 y junio de 2015 [15].

1.3.2. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos, que comprenden una significativa porción de los desechos generados por la sociedad, se caracterizan por su origen vegetal o animal, y poseen la notable capacidad de biodegradarse. Estos residuos están formados por materia orgánica, lo que implica que su proceso de degradación es más rápido en comparación con los residuos convencionales. La biodegradabilidad de los residuos orgánicos se traduce en una descomposición más eficiente en la naturaleza, ya que sus componentes son susceptibles de ser descompuestos por microorganismos, lo que resulta en la formación de materia orgánica rica en nutrientes que puede ser beneficiosa para el medio ambiente y la agricultura. Los residuos orgánicos incluyen restos de alimentos, podas de jardín, materiales de origen biológico, entre otros, y constituyen un recurso valioso para la gestión de residuos sostenible [18].

1.3.3. Residuos inorgánicos

En contraste con los residuos orgánicos, los residuos inorgánicos no tienen origen biológico y, por lo tanto, no son susceptibles a la descomposición de manera natural. Este tipo de desechos están compuestos por materiales que carecen de la capacidad de degradación o que, en caso de que presenten procesos de descomposición, estos son notoriamente lentos y prolongados en el tiempo. Los residuos inorgánicos, tales como plásticos, metales y vidrios, permanecen en el medio ambiente durante muchos años, lo que puede generar problemas significativos en términos de acumulación de desechos no biodegradables y contaminación ambiental. La gestión adecuada de los residuos inorgánicos es esencial para minimizar su impacto negativo y promover la sostenibilidad, incluyendo su reciclaje, reutilización y reducción en su generación. Estas prácticas contribuyen a la conservación de recursos naturales y la reducción de residuos sólidos, respaldando así un enfoque más responsable hacia la gestión de los desechos [18].

1.3.4. Impacto del plástico de la industria productiva

El segmento de la producción de plásticos desempeña un papel de gran relevancia en la cadena de progreso de una nación. En el año 2015, esta rama industrial generó 15.000 puestos de trabajo directos [19]. No obstante, resulta pertinente destacar la existencia de materiales alternativos de origen nacional que podrían generar la misma cantidad de empleos, o incluso más, particularmente al considerar las necesidades del sector agrícola. Entre estos materiales alternativos, se encuentran opciones biodegradables, como el

bambú, el maíz, la concha del mango y otros similares, que podrían ser empleados en lugar de plásticos convencionales en la fabricación de productos [20].

1.3.5. Impacto Ambiental de Envases Desechables actuales

La problemática de la contaminación ambiental provocada por los envases desechables actuales, como los vasos de plástico y otros utensilios, es un tema de creciente preocupación. Estos utensilios desechables generan una enorme cantidad de residuos que pueden tardar entre cien y mil años en degradarse, convirtiéndose en partículas dañinas a medida que se fragmentan con el tiempo. Este problema es particularmente evidente en el caso del poliestireno expandido (unicel), que contiene poliestireno expandible, un material que nunca se integra completamente en la naturaleza y puede permanecer intacto durante siglos después de su uso [21].

El proceso de degradación de estos envases ya sea en vertederos o mediante incineración, continúa liberando partículas tóxicas en el aire, contribuyendo a la contaminación atmosférica. Además, la producción de estos utensilios desechables implica un gasto energético considerable, así como el uso de agentes químicos y petróleo, un recurso no renovable, lo que aumenta aún más su impacto negativo en el medio ambiente [22].

La cultura del "usar y tirar" que rodea a estos productos es otra causa de preocupación significativa. Los envases desechables representan aproximadamente el 30% de los desechos que se acumulan en vertederos de todo el mundo. Esto, a menudo, resulta en que estos desechos terminen en ecosistemas marinos, donde se convierten en alimento para la vida marina, causando estragos en la cadena alimentaria y en la salud de los animales. Los impactos negativos se extienden incluso más allá de su vida útil inicial, contribuyendo al problema de la basura en el medio ambiente [23].

La necesidad de abordar esta problemática se ve reflejada en la prohibición de envases desechables de poliestireno en varias ciudades de los Estados Unidos, incluyendo Nueva York, en un esfuerzo por reducir su impacto ambiental. No obstante, reciclar el poliestireno se ha revelado como un desafío, ya que no está claro si es económicamente viable a gran escala, y no existe un mercado sólido para su reciclaje. Este problema se ve agravado por el proceso químico empleado en la transformación del poliestireno en poliestireno expandido, que dificulta aún más su reciclaje [24].

1.3.5.1. Envases desechables actuales

Los envases desechables actuales se han vuelto ubicuos en la sociedad moderna, impulsados por la necesidad de comidas económicas, servicio rápido y entrega a domicilio. Aunque estos envases ofrecen conveniencia y ahorro en los costos, su uso generalizado ha llevado a un problema creciente de basura no biodegradable (plástica) en todo el mundo. La vajilla desechable, incluyendo platos, vasos, cubiertos, botellas de bebidas y bolsas de plástico, constituye una de las principales fuentes de residuos no biodegradables [21].

En la producción de estos envases, se utilizan materiales como el poliestireno y el polipropileno. El poliestireno, obtenido a través de la polimerización del estireno, se presenta en diversas formas, como GPPS (poliestireno cristal), HIPS (poliestireno de alto impacto), EPS (poliestireno expandido) y XPS (poliestireno extruido). El poliestireno es ampliamente utilizado en envases de alimentos, vajilla, electrónica, construcción, y como aislante térmico [25].



Figura 1.- Productos de poliestireno [21].



Figura 2.- Productos de polipropileno [21].

El polipropileno, por otro lado, es un termoplástico producido mediante la polimerización del propileno, un subproducto del petróleo. Es un material versátil ampliamente empleado en aplicaciones como utensilios domésticos, juguetes, embalajes, piezas de dispositivos, envases de productos alimenticios, conducciones de fluidos, tapicería de automóviles y textiles, entre otros. Estos envases tienen ventajas, como una óptima relación costo-beneficio, versatilidad y resistencia a la humedad. Sin embargo, también presentan desafíos ambientales relación [26].

1.3.6. Desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible surgió en respuesta a la creciente preocupación a nivel internacional acerca de la interconexión entre el desarrollo económico y social, y su impacto en el medio ambiente. Este concepto no se popularizó hasta que la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) presentó el "Informe Brundtland" en 1986, definiendo el desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas [27]. Esto pone la responsabilidad en manos de la humanidad para asegurar que el desarrollo sea sostenible.

Los modelos de crecimiento económico tienden a agotar los recursos naturales, degradar el medio ambiente y aumentar la pobreza. Sin embargo, controlar estos factores requiere la colaboración de los ciudadanos y la alineación de los objetivos de desarrollo económico y social con la conservación ambiental, con el fin de lograr un desarrollo sostenible [28].

La conciencia sobre los temas ambientales se ha incrementado gracias a la cobertura mediática frecuente de estos asuntos. Muchas empresas están adoptando políticas respetuosas con el medio ambiente y reconocen que satisfacer las necesidades humanas básicas es un objetivo central del desarrollo sostenible. La necesidad más fundamental es el acceso a empleos que aseguren la subsistencia y la creación de fuentes de empleo con ingresos suficientes para cubrir las necesidades básicas.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se componen de 17 metas integradas que reconocen la interdependencia entre distintas áreas y el equilibrio necesario entre sostenibilidad medioambiental, económica y social. Su logro requiere creatividad, conocimiento, tecnología y recursos financieros de toda la sociedad en contextos diversos [29].

Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura: Invertir en infraestructura e innovación es esencial para el crecimiento económico y el desarrollo. Promover el acceso igualitario a la información y al conocimiento, así como fomentar la innovación y el emprendimiento, es fundamental en un mundo donde la mayoría de la población reside en áreas urbanas [29].

Objetivo 12: Producción y Consumo Responsable: Para lograr el crecimiento económico y el desarrollo sostenible, se debe reducir la huella ecológica mediante cambios en los métodos de producción y consumo. Esto implica reciclaje, reducción de desechos y un uso más eficiente de los recursos, tanto en industrias existentes como en nuevas, junto con la colaboración de los consumidores [29].

1.3.7. Poliestireno en el contexto Ambiental

En el ámbito del envasado y sellado, el poliestireno es el material de elección para la industria del autoservicio de comidas, entregas a domicilio, restaurantes de comida rápida, supermercados, entre otros, por diversas razones. Esto se debe, en parte, a su higiene, su capacidad de aislamiento superior, su capacidad para mantener los alimentos frescos durante un período prolongado y su menor costo en comparación con alternativas basadas en cartón corrugado, así como su uso más eficiente de recursos naturales. Sin embargo, en el contexto actual de creciente conciencia ambiental y preocupación por el cambio climático, los envases de poliestireno (PS) están siendo cada vez más considerados como una opción más favorable desde una perspectiva ambiental, y esto se debe a una serie de razones, incluyendo su bajo peso [30].

1.3.7.1. Estructura del poliestireno

El poliestireno es un polímero producido mediante un proceso conocido como polimerización, el cual implica la unión de múltiples moléculas pequeñas con el propósito de formar moléculas de gran tamaño. El resultado de este proceso es la creación de un polímero, mientras que los componentes simples a partir de los cuales se origina se denominan monómeros [31].



Figura 3.- Estructura del poliestireno [31].

1.3.8. Plásticos

Los plásticos, de acuerdo con la Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un solo uso (2020) promulgada por la Asamblea Nacional de la República Dominicana [10], son compuestos macromoleculares orgánicos obtenidos a través de diversos procesos de polimerización, tales como la policondensación y la poliadición, entre otros [32]. Estos procesos involucran la unión de moléculas más pequeñas, conocidas como monómeros, junto con otras sustancias iniciales o a través de la modificación química de macromoléculas naturales. Es importante destacar que a estos compuestos macromoleculares se les pueden añadir diferentes sustancias, como aditivos, cargas, colorantes y pigmentos, con el fin de modificar sus propiedades y características específicas [33].

1.3.8.1. Plásticos de un solo uso

Según la misma Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un solo uso (2020) emanada de la Asamblea Nacional de la República Dominicana, los plásticos de un solo uso se definen como bienes fabricados con material plástico con la finalidad de ser utilizados en una única ocasión y que poseen una vida útil de corta duración. Además, estos productos se caracterizan por su composición y propiedades que, en su mayoría, no favorecen la biodegradabilidad, lo que los convierte en objetos comúnmente denominados como descartables o desechables. Estos productos tienen un impacto significativo en la generación de residuos y la gestión de desechos, lo que subraya la importancia de abordar su uso y regulación en el contexto de la sostenibilidad ambiental [10].

1.3.8.2. Plásticos Biodegradables

El concepto de plásticos biodegradables se ha mantenido constante en el tiempo, aunque su definición puede variar. Se describe como plásticos que están diseñados de manera química para descomponerse inicialmente a través de la acción de microorganismos del suelo, como bacterias, hongos y actinomicetos [34]. También, se los describe como aquellos que, bajo ciertas condiciones, son degradados por microorganismos y se convierten en agua, dióxido de carbono (o metano) y biomasa. Además, estos materiales provienen de recursos renovables y están diseñados para ser compostables y/o biodegradables, incluyendo resinas a base de PLA y polihidroxialcanoatos (PHA) [13].

En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas, los plásticos biodegradables son similares a ciertos polímeros sintéticos que utilizan hidrocarburos como materia prima, pero se distinguen por su capacidad de descomposición más rápida una vez que se desechan [9]. Para la fabricación de plásticos biodegradables, se emplean recursos agrícolas como la cáscara de yuca, la fécula de maíz, la papa y la caña de azúcar, entre otros, permitiendo que el plástico producido se descomponga en el medio ambiente en aproximadamente un año, gracias a la acción de bacterias utilizadas en su producción [35].

Hasta la actualidad, se han desarrollado varios tipos de plásticos biodegradables en el campo de los biopolímeros, incluyendo los fotodegradables, semi-biodegradables, biodegradables sintéticos y completamente biodegradables naturales. Los fotodegradables se descomponen cuando se exponen a la luz y rayos ultravioleta, mientras que los semi-biodegradables incluyen azúcares unidos a fragmentos de polietileno que son degradados por bacterias en vertederos [36]. Los plásticos biodegradables sintéticos están basados en alcohol polivinílico y son solubles en agua debido a sus grupos hidrófilos (-OH). Por último, los completamente biodegradables naturales están compuestos por materiales orgánicos como poliéster alifático, polisacáridos y polihidroxialcanoatos (PHA) [37].

1.3.9. Material Compostable

Los materiales compostables están diseñados para que puedan descomponerse a través de la oxidación biológica permitiendo ser una alternativa ecológica, al descomponerse el producto pasa a favorecer al suelo como abono orgánico o fertilizante, para así no generar residuos que sean perjudicial para el medio ambiente [30].

1.3.10. Material Biodegradable

Se define a los productos biodegradables como los productos con la capacidad de degradarse de manera natural en un periodo de tiempo corto, por lo que muchos consumidores lo prefieren debido a su descomposición espontánea y ser beneficioso al medio ambiente ya que evita la contaminación de este [38]. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el tiempo de degradación va a depender del material que se emplee. Se sugiere el uso del material biodegradable que se disuelva en poco tiempo, puesto que reducen el impacto de estos residuos en el medio ambiente [28].

1.3.10.1. Tipos de material biodegradable

Según Arias [27] la clasificación de los tipos de material biodegradable que son más conocidos y se usan con más frecuencia son:

- Plásticos sintéticos y naturales biodegradables.
- Plásticos de base de almidón y centeno.
- Papel y telas naturales.



Figura 4.- Vajilla fabricada con materiales biodegradables [39].

Dentro del grupo de los plásticos de clasificación sintéticos y naturales, están polímeros sintéticos que se degradan de forma natural o con la ayuda de sustancias que aceleran su degradación [28]. Además, se encuentran los plásticos oxidativos que tienen en su composición aditivos químicos que inician o aceleran el proceso de oxidación, dando como resultado un producto de naturaleza biodegradable [40]. Los polímeros biodegradables naturales son conocidos también como biopolímeros y se los realiza a base de recursos naturales renovables tales como almidón de maíz o yuca catalogándose como productos polisacáridos [1].

Por otra parte, están los materiales a base de almidón y centeno con gran avance y producidos a nivel industrial, el más claro ejemplo son las bolsas de basura; el tiempo que este plástico tarde en degradarse es de 6 a 24 meses dependiendo el ritmo en que se adicione el almidón [6]. Los plásticos que son fabricados en base a las fibras de centeno son totalmente biodegradables y pueden sustituir a los plásticos que son realizados a base de petróleo debido a que sus propiedades técnicas son similares a los polímeros tradicionales, además la fabricación de platos en la producción de alimentos a base de centeno y almidón.

En la cotidianidad es muy usual el empleo de papel como pañuelos, bloc de notas, periódicos, servilletas, vasos o platos de papel por lo que también es considerado como material biodegradable [41]. Al analizar la cantidad de papel que se produce y se consume el mejor propósito para este sería reutilizarlo y por lo tanto disminuir el grado de contaminación que este produce [29]. A diferencia de los tejidos sintéticos los de tipo natural son biodegradables, más baratos, cómodos como el de la seda, además no necesitan de tratamientos sintéticos y no producen subproductos tóxicos.

Una de las restricciones en la utilización masiva de este material era su alto costo, pero en la actualidad, gracias a los avances tecnológicos para su elaboración, su precio se ha reducido gradualmente en los últimos años, lo que ha permitido masificar su uso. En este artículo, examina el nivel técnico de los materiales poliméricos biodegradables y sus posibles aplicaciones en diferentes industrias para comparar posibles desarrollos futuros en esta área en particular [34].

1.3.10.2. Importancia de los materiales Biodegradables

En la actualidad el impacto y la acogida de los productos biodegradables ha ido en incremento ya que reduce sustancialmente la contaminación medio ambiental, además de contribuir con la salud de los consumidores ya que muchos plásticos elaborados a base de petróleo pueden contaminar los alimentos y bebidas y tener repercusiones negativas en el organismo de la persona que lo consume. Los plásticos, materiales sintéticos y textiles que son productos no biodegradables, se degradan en muchos años y mientras lo hacen liberan sustancias toxicas que contaminan no solo al medio ambiente sino también a las especies que habitan en él. Con este precedente lo aconsejable es el uso de materia y productos biodegradables que puedan ser degradados por microorganismos y en corto tiempo, garantizando el cuidado del ecosistema por la no liberación de sustancias toxicas

al momento de su descomposición, además de que sus usos pueden ser ampliados como el de reciclar y reutilizar [39].

1.3.10.3. Ventajas y desventajas de los productos Biodegradables

Según Alban et al., [15] menciona que el uso y elaboración de los materiales biodegradables tienen grandes ventajas para minimizar el impacto de la contaminación en el ecosistema. A continuación, se enlistarán los principales beneficios:

Ventajas

- Este tipo de materiales se degradan en corto tiempo, debido a que son consumidos por microorganismos de manera continua, lo que disminuye el porcentaje de contaminación medio ambiental.
- Por los componentes que se emplean para su realización, no existe la emisión de gases y productos químicos como el dióxido de carbono por ende disminuye la contaminación en la atmósfera.
- Cuando se obtiene un producto biodegradable se disminuye el empleo de energía ya que no se requiere el uso de combustibles fósiles.

Desventajas

- Entre la principal desventaja es que los productos de este tipo no suelen ser depositados en el correcto lugar de compostaje, por lo que su degradación no se realiza de la manera correcta.
- Debido al empleo de materia prima agrícola para la elaboración de los productos biodegradables, la cantidad de la materia prima puede causar incertidumbre por la producción de esta, en ciertas temporadas del año, lo que afecta a la elaboración y productividad de los productos.

1.3.11. Vajilla Biodegradable

La materia prima más empleada para la elaboración de platos biodegradables son hojas naturales o impermeables y de biomasa vegetal.

Según Avalos et al., [21] indicó que la vajilla elaborada por hojas naturales contribuye a que no exista la deforestación de árboles ya que la obtención de estas hojas se da a partir de bosques silvestres de Asia y Sudamérica y su degradación suscita en un rango de 28

días. La idea nace gracias a las comunidades indígenas que empleaban hojas como platos y vajillas.

Biozoig es una empresa alemana que tiene como propósito la elaboración de vajillas que no sean un contribuyente en la contaminación medio ambiental y no generen residuos [39]. Para el diseño de estos productos se utiliza un software llamado CAD. Lo novedoso de esta vajilla es que se degrada rápida y fácilmente al igual que cualquier hoja caída de un árbol. La estructura consiste en la unión de dos hojas cosidas con fibras de palma y entre ellas se encuentra un papel impermeable y posterior a su utilización puede ser dejado en la naturaleza para que este se degrade sin contratiempos.



Figura 5.- Vajilla fabricada por la empresa BIOZOIG [39].

Por su parte Barrero [30] tiene como finalidad la producción de platos en base a biomasa vegetal como caña de azúcar, palma de bambú o fécula de maíz, libre al 100% de plásticos. Estos platos no liberan ningún tipo de toxicidad y no representa ningún riesgo para el consumidor, son resistentes al agua y aceite, además son totalmente desechables, reciclables y se degradan al 100% en un rango de tiempo de 90 a 100 días. Un plus es que entre sus cualidades pueden tolerar temperaturas menores a 20 °C y mayores a 135 °C por lo que son aptos para congelar o el microondas, comida caliente o fría.



Figura 6.- Platos fabricados a base de biomasa vegetal [30].

1.3.11.1. Materia prima de material biodegradable

López [19] en su trabajo de investigación estudió la utilización del bagazo de la industria azucarera en la elaboración de productos alimenticios, por lo que se planteó un método para convertir el bagazo en alimento a través de moldeo de pulpa. Los resultados que dio este método fueron productos totalmente biodegradables y amigables con el ecosistema y sus cualidades encierran, alta resistencia a la tracción, al aceite, alto grado de hidrofobicidad y bajo porcentaje de metales pesados.

Según Flores [42] menciona que los plásticos biodegradables pueden ser descompuestos por microorganismos en CO_2 , H_2O y biomasa siempre y cuando cumplan con determinadas condiciones. Los plásticos como las fundas para residuos orgánicos, contenedores para plantas, envases para alimentos o contenedores desechables para la horticultura y/o agricultura son una opción de plásticos biodegradables que pueden contribuir en la gestión de residuos de bajo coste.

Por su parte, un ejemplo de plástico biodegradable es el PLA (almidón de maíz), a este se le define como un plástico orgánico cristalino. Que puede ser sustituido por el PET o el poliestireno. Este tipo de plástico puede emplearse para refrigerar cualquier tipo de alimento a temperatura ambiente [28]. Entre sus limitaciones es que es susceptible al calor y la hidrólisis durante su fabricación por lo que es indispensable agregar aditivos.

Además, el TPS es un material empleado para la elaboración de envases, bolsas, tapas, etc. que este hecho a base de almidón y a diferencia del anterior suele ser más resistente a la fusión durante el proceso, sin embargo, muestra fragilidad en ambientes secos [34].

1.3.12. Biopolímeros

Los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. De entre los biopolímeros los referidos a la primera clasificación, existen tres principales familias: proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos, aunque otros más singulares como los polímeros terpenos; entre los que se incluyen al caucho natural, los polifenoles (como la lignina) o algunos poliésteres como los polihidroxicanoatos producidos por algunas bacterias. Una definición de estos materiales considerados poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos [1, 43].

El biopolímero más abundante en la tierra es la celulosa. El almidón también es un polímero natural cuyos gránulos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características en cuanto a composición, cantidad y forma varían de acuerdo

con el tipo de fuente de la que provenga. Como se puede apreciar, el campo de los biopolímeros es amplísimo, pero para efectos de la siguiente investigación se profundizará específicamente en uno de ellos, cual es el almidón y sus propiedades, y como se puede producir a partir de él, un bioplástico [17].

1.3.12.1. Materiales poliméricos Biodegradables

Los materiales poliméricos han alcanzado de manera significativa su uso a nivel mundial. Y un total de más de 359 millones de toneladas para el año 2018 de las cuales el 30% fueron fabricadas en China, el país de mayor producción y proyección en la transformación de materiales poliméricos. En Colombia una persona consume aproximadamente 24 kg de materiales plásticos al año que se refleja en la generación anual de 1.250.000 toneladas de las cuales el 56% corresponde a plásticos de un solo uso [6].

Un polímero biodegradable es aquel que se puede degradar una vez que cumple su vida útil, bajo condiciones de compatibilidad, determinando subproductos tales como el dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), metano (CH_4), compuestos inorgánicos y biomasa, sin dejar residuos visibles ni tóxicos. Estos materiales se pueden clasificar según su origen, a continuación, se relacionan algunos: proteínas y polisacáridos obtenidos directamente de biomasa, el ácido poliláctico (PLA), a partir de biopolímeros sintéticos de biomasa, petroquímicos como la policaprolactona (PCL) y el ácido poliglicólico (PGA), o los obtenidos por fermentación microbiana, como el polihidroxicanoato (PHA) y el ácido polihidroxibutírico (PHB) [1].

Entre los materiales poliméricos biodegradables de origen orgánico más utilizados se encuentran los derivados del almidón, por encontrarse en grandes cantidades, ser renovables, y tener un costo relativamente bajo, además pueden ser fácilmente procesables. Además, el PLA debido a sus diferentes condiciones de procesabilidad, su rigidez, transparencia, biocompatibilidad, comportamiento termoplástico y similitud con los plásticos convencionales, le permite a este material biodegradable actuar como una posible alternativa para las industrias manufactureras a nivel mundial [4].

1.3.12.2. Almidón de Yuca

Teniendo en relación con la contaminación ambiental que ha sido un problema durante muchísimos años por el consumo excesivo de plásticos de un solo uso; en el año 2019 se dio una producción de 360 millones de toneladas [10], juntamente con la explosión

demográfica que tiene como consecuencia el incremento de productos procesados y manufacturados que lógicamente necesitan el uso de un envase para contener su producto elaborado a partir de polímeros [28].

El principal objetivo de esta investigación fue obtener un polímero biodegradable renovable que tenga la condición mínima, como es el grado de biodegradabilidad que debe tener un porcentaje del 90% en un tiempo de 6 meses [44], a partir del almidón de yuca, la cual fue desarrollada de forma descriptiva a través del análisis de varias bibliografías, determinando así que es muy importante la combinación del almidón con otros materiales plásticos para producir un biopolímero que tenga distintas propiedades mecánicas [45].

1.3.13. Bioplásticos

Los plásticos biodegradables pueden proceder del petróleo y no deben confundirse con los bioplásticos. Los bioplásticos son fabricados a partir de recursos renovables de origen natural, como el almidón o la celulosa (caña de azúcar, maíz, yuca, remolacha, papa). Los plásticos biodegradables provenientes del petróleo tienen aditivos que mejoran su capacidad de degradación, pero no cumplen las normas internacionales de biodegradabilidad mientras que los bioplásticos si lo hacen [13].

Algunos estudios auguran para los bioplásticos un futuro prometedor, gracias a que cada vez existen precios elevados del crudo y su futuro agotamiento, además de la apuesta que hacen las instituciones y los ciudadanos por los productos ecológicos. Además, ayudan a conservar la frescura de los alimentos, en algunos casos son resistentes al agua y al aceite y no soplan sabores y olores. Sin embargo, algunas desventajas de ellos son, la dificultad para disolverse en agua (pero con gran absorción), propiedades mecánicas y de procesamiento poco satisfactorios (con respecto a los plásticos convencionales), fragilidad y baja temperatura de deformación al calor [28].

Los nuevos polímeros que ofrecen propiedades mejoradas relativas a la susceptibilidad de los ataques microbianos han sido introducidos a los mercados internacionales. El probado es un medio utilizado para solucionar el problema de estimar la calidad de un lote a partir de la inspección de sólo una parte de él. La prueba inicia con la muestra de los plásticos para estimar las propiedades de un lote y proveer material para evaluar un método de prueba [29].

La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y la Organización Internacional de Estándares (ISO) desarrollaron estándares para la prueba de biodegradabilidad en diferentes condiciones específicas. Muchos de estos métodos dan resultados similares, aunque generalmente se complementan uno a otro. Basados en la naturaleza de los plásticos y en las rutas disponibles para su disposición final en un país, como ejemplos de algunos métodos utilizados para evaluar las propiedades biodegradables de los plásticos [46].

1.3.14. Almidones

Los almidones son polisacáridos, es decir, cadenas largas de moléculas de glucosa, que se encuentran en ciertos alimentos y sirven como una forma de almacenamiento de energía para las plantas. Son carbohidratos complejos que consisten en dos tipos principales de moléculas de glucosa: la amilosa y la amilopectina [47].

La amilosa es una cadena lineal de glucosa, mientras que la amilopectina es una cadena ramificada. Estas estructuras les otorgan propiedades únicas, como la capacidad de formar geles y actuar como espesantes en alimentos. Los almidones son una parte fundamental de la dieta humana, ya que se encuentran en alimentos como cereales, tubérculos, legumbres y algunos vegetales. Los seres humanos y otros animales digieren los almidones mediante la acción de enzimas digestivas que descomponen las cadenas de glucosa en unidades más pequeñas para su absorción y uso como fuente de energía [47].

1.3.15. Alternativa Ambiental

En los últimos años se ha venido hablando del impacto que ha generado el ser humano en el tema de la contaminación, se ha llevado a cabo diversas investigaciones con el fin de encontrar algún aporte para seguir la lucha en contra de la contaminación, como son los materiales plásticos que un 56 % se componen los residuos, son solamente plásticos con los envases, a comparación del 42 % que se encuentran en el uso doméstico [29].

Los envases plásticos han tenido en los últimos años un gran impacto ante el medio ambiente, en todo el mundo, en cada esquina se puede encontrar un envase plástico lo que conlleva a un alto porcentaje de plástico, en el 2010 se registró que 8 millones de toneladas de plástico terminaron en el mar desde 192 países, además de ser un material no desechable, termina contaminando y dañando el suelo ya que su descomposición es de años que podríamos decir que su descomposición es más larga que el porcentaje de vida de un ser humano [28, 2].

Los polímeros más usados en la elaboración de envases plásticos son polipropileno, tereftalato polietileno, poliestireno y policloruro de vinilo. Es importante comenzar a generar aportes que ayuden en la disminución de los plásticos, encontrando materiales biodegradables que ayuden al medio ambiente, ayuden en parte al suelo en vez de degradarlo, nutra el suelo con el material elaborado ya que la preocupación por el medio ambiente cada vez es mayor [48].

Se pueden utilizar diferentes tipos de polímeros naturales para producir diversos materiales biodegradables, pero la industria del plástico se enfrenta al desafío de reducir el uso de materiales fósiles y reducir los costos de producción. Por lo tanto, se está investigando para desarrollar nuevas tecnologías y materiales biogenerados y biodegradables para disminuir el consumo de materiales fósiles, lo que es nuestra responsabilidad como sociedad. Actualmente, estos materiales tienen un papel secundario en la industria del plástico, pero se espera que se utilicen cada vez más en el futuro. Este campo de investigación es prometedor debido a la versatilidad de los materiales que se pueden fabricar con un solo tipo de polímero natural [29].

Existen una gran variedad de materiales biodegradables como los mencionados anteriormente, una gran variedad que pueden ser aplicados en la fabricación de envases y así poder reemplazar el plástico, con el pasar de los años lograr al punto de hablar de como el plástico es un material muy dañino para el medio ambiente a llegar a hablar de como los materiales biodegradables están logrando un gran espacio en el mundo y en qué forma esto nos ayuda [28].

1.3.16. Sostenibilidad

Existen estudios que se han explorado en el ámbito de los desechos que son los materiales que se han usado en diferentes procesos industriales con el fin de reintegrarlos a un ciclo nuevo cuyo fin sea aprovechar el material al máximo, esto haría que el recuerdo se convierta en valioso por llevarlo a la sostenibilidad, el cual para su desarrollo tiene que pasar por algunas prácticas para obtener un resultado alentador, como es la reutilización de materiales PET, el cual es un material que tiene una gran demanda [49].

De tal manera, se están generando oportunidades para una práctica sostenible que busca satisfacer las necesidades actuales sin poner en riesgo las posibilidades de las generaciones futuras. Esto ha llevado a que los diseñadores desempeñen un rol como coordinadores de actividades de procesos de distintos niveles de complejidad, no solo en

el ámbito industrial, sino también en el académico, proporcionando herramientas que, según Avalos [21], contribuyan a abordar y solucionar los problemas sociales que afectan el bienestar de las comunidades, naciones y la sociedad en general [6].

Seguir experimentando con materiales biodegradables para lograr una sostenibilidad es que estos materiales tienen la capacidad de descomponerse de manera natural en el medio ambiente, lo que reduce el impacto ambiental negativo que los materiales biodegradables tienen en los ecosistemas. Además, estos materiales pueden ser producidos a partir de fuentes renovables, como plantas y algas, en lugar de fuentes no renovables, como el petróleo. Los materiales biodegradables pueden ser utilizados para fabricar una amplia variedad de productos, desde envases hasta textiles y productos médicos, lo que significa que hay muchas oportunidades para reducir el uso de materiales no biodegradables en diferentes industrias [50].

1.3.17. Plásticos en el mundo

La producción de plásticos a nivel mundial toma fuerza de fabricación en el año 2021 después de un periodo muy difícil que ocasiono la pandemia por el Covid-19. Después de un paro total de producción que se produjo en el año 2020 por el encierro y el cierre de las fábricas. Para 2021 esta producción aumento a 390,7 millones de toneladas a nivel mundial [6].

Plastic – the Facts presento datos de la producción de los plásticos en el mundo excluyendo de forma imprevista los polímeros utilizados en la fabricación. Estos polímeros no fueron utilizados para adhesivos, selladores, pinturas, barnices, medicamentos, y procesos químicos. Incluyendo por primera vez plásticos reciclados posconsumo de base biológica [28].

1.3.17.1. Plásticos en Ecuador

Los plásticos de un solo uso en el Ecuador fueron prohibidos en ciertos sectores protegidos, en 2021 se aprobó una reforma de ley para que esta normativa se emplee en todos los sectores protegidos del Ecuador y que sean aplicadas. La Ley Racionalización, Reutilización, Reducción de Plásticos Solo Uso o también conocida como la Ley de los Plásticos fue un logro que culmino por la decisión y el gestiona miento de la sociedad civil [10].

Durante la pandemia por el Covid-19 la demanda de plástico de un solo uso hizo que se incrementara los desechos de plásticos en todo el país y que por un prolongado tiempo

interrumpió aquella lucha que inicio el estado ecuatoriano para eliminar todos los desechos plásticos de un solo uso. El 85 % de los desechos en el país son por plásticos desechables arrojados en playas, ríos, manglares y lagunas [51].

Entre los años 2018 y 2022, el Ecuador importo más de 47.596 toneladas de desechos plásticos desde Estados Unidos, según un estudio realizado por Alianza Basura Cero Ecuador y la Universidad Andina Simón Bolívar. Este estudio indica que existe dos grandes problemas, el primero los desechos importados son utilizados en la fabricación de envases, empaques, fundas y productos que son de un solo uso [30].

El otro problema radica que ente el 30 % y 50 % de la basura que llega esta mezclada con otros materiales que hacen imposible un proceso biodegradable y por lo tanto es imposible su reciclaje, por lo que son desechados directamente en botaderos y rellenos sanitarios del país, causando daños irreversibles al medio ambiente [52].

1.3.18. Residuos Agroambientales

Los residuos agroindustriales tienen un gran impacto en el manejo inadecuado de los desechos sólidos y otros productos que producen varias empresas agroalimentarias y que son en gran manera muy dañinos para el medio ambiente, sin embargo, el correcto manejo y aprovechamiento de estos residuos puede significar la obtención de materiales biodegradables para la fabricación de vajillas desechables sin afectar el medio en el que vivimos y que incida en el equilibrio medioambiental [5].

La investigación que se realizó de los residuos agroindustriales tiene como principal objetivo una extensa revisión bibliográfica de los principales factores que intervienen en el manejo, control, impacto y aprovechamiento de residuos agroindustriales para de esta manera ayudar en gran medida a la calidad medioambiental [37].

1.3.19. Normas

Las normas se encuentran sujetas a ciertas condiciones, como objetivo tienen en crear condiciones que debe cumplir un producto como: calidad, uniformidad, seguridad, servicio, gestión, etc.

Norma Internacional

Se trabaja implementando la normativa de la empresa Darnels Naturals [53] el cual es categorizado por brindar producto a nivel internacional explícitamente europeo del cual respeta los niveles de producción además de trabajar bajo los siguientes parámetros:

1. Dimensión
2. Composición
3. Material
4. Resistencia

Norma Nacional

Se trabaja con la empresa Dream Pack el cual es una empresa que brinda su servicio a nivel nacional, es por eso que es confiable trabajar con los parámetros que posee sus productos [44]:

1. Biodegradabilidad
2. Porcentaje de referencia a biodegradabilidad

1.3.20. Teoría de la burbuja

Temas relacionados con la falta de conocimiento o ignorancia sobre las implicaciones ambientales y los desafíos asociados al uso excesivo y la contaminación del plástico son relevantes en este contexto. A pesar de que el plástico es un material omnipresente en la sociedad moderna y sus efectos negativos en el entorno natural son cada vez más evidentes, muchas personas pueden no estar completamente conscientes de estos problemas debido a diversos factores [54].

Algunos elementos fundamentales de esta teoría, cuando se aplica al plástico, engloban lo siguiente [55, 56]:

- Consumo sin conciencia: La amplia disponibilidad de productos de plástico en la vida cotidiana puede llevar a un consumo desinformado, donde las personas no reflexionan sobre las consecuencias ambientales de su utilización de plástico, como botellas de agua, envases de alimentos, bolsas de plástico, entre otros.
- Falta de visibilidad: Con frecuencia, los desechos de plástico que se acumulan en los océanos y en el medio ambiente no son perceptibles para la mayoría de las personas en su rutina diaria. Esto puede generar una sensación de desconexión con el problema, dado que no lo observan directamente en su entorno inmediato.
- Escasez de educación: La falta de información sobre los efectos perjudiciales del plástico en la fauna, los ecosistemas y la salud humana puede contribuir a la "burbuja" en la que las personas no están al tanto de la magnitud del problema.

- Desvinculación geográfica: Las personas pueden sentir que los problemas de contaminación relacionados con el plástico se encuentran a distancia de su ubicación o que no les afectan de manera directa, lo que puede propiciar la inacción o la falta de preocupación.

Para superar estos aspectos, es necesario impulsar la concienciación pública, proporcionar educación acerca de los impactos del plástico y fomentar la adopción de alternativas más sostenibles, como la reducción del consumo de plástico, el reciclaje adecuado y la promoción de materiales alternativos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Obtener un material biodegradable impermeable para utilizar en vajilla desechable.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros que deben cumplir los materiales biodegradables impermeables utilizados en vajillas desechables mediante el estudio de normas nacionales e internacionales para conocer un material biodegradable y hacer simulaciones.
- Evaluar materiales que cumplan con los parámetros anteriormente identificados para la construcción de vajillas desechables mediante el uso de software de simulación y experimentos.
- Elaborar probetas en base al diseño seleccionado para comprobar el uso en vajillas desechables para realizar pruebas mecánicas y físicas del material propuesto, para verificar el cumplimiento de los estándares nacionales e internacionales.

1.5. Planteamiento de la Hipótesis

La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

Hipótesis nula Ho

La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas no permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

Hipótesis alternativa Ha

La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

1.6. Variables de estudio

1.6.1. Variable Dependiente

La vajilla desechable depende de las características del material biodegradable como las propiedades físicas y mecánicas.

1.6.2. Variable Independiente

Materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante, es la variable que no se puede manipular y depende de si misma, ya que son los parámetros para dicho estudio.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

En este apartado en particular se describe la metodología empleada en el desarrollo del presente trabajo de investigación. En primera instancia se destacan los materiales empleados, los tipos de investigación empleados, los requisitos del producto a desarrollar, el paso a paso para la obtención del material y por último el diagrama del desarrollo del trabajo.

2.1. Materiales

Para empezar con los materiales, es necesario establecer un catálogo de estos con el propósito de analizar con base en accesibilidad, tratamiento, costo y facilidad trabajo; dicha información se muestra en la tabla 1 denotada a continuación:

Tabla 1.- Lista de productos empleados en la fabricación del material.

N°	Material	Parámetros				Total
		Accesibilidad	Tratamiento	Costo	Facilidad del trabajo	
1	Abacá	2	1	1	2	4
2	Cáscara de Arroz	5	4	5	4	400
3	Cabuya	1	2	1	1	2
4	Bagazo de Caña de Azúcar	4	3	5	3	180
5	Cáscara de Banano	2	1	1	2	4
6	Salvado de trigo	4	5	3	4	240
7	Tallos de maíz	3	2	2	2	24
8	Fibra de coco	1	2	1	1	2
9	Yute	2	1	1	2	4
10	Lana	2	3	1	1	6





Nota: Los valores convergen en el 100% de todos los materiales en una escala del 1 a 5: siendo 5 la más eficiente y 1 la más deficiente para accesibilidad y tratamiento, mientras que la escala de 1 a 5: siendo 5 la más accesible y 1 las menos accesible para costo y facilidad de trabajo.





Según la tabla 1 se infiere que el material base proveniente de; cascara de arroz, bagazo de caña de azúcar y salvado de trigo son las mejores opciones para el desarrollo e impresión de material. Estos materiales fueron seleccionados debido a su facilidad de adquisición, manejo o tratamiento. Un factor importante también lo fue el costo, la facilidad para manipular y formar el producto final. Todos los factores permitieron el plato final posee las características necesarias para su manufactura.


En la tabla 2 se describe los materiales empleados en la fabricación del producto final.

Tabla 2.- Lista de productos empleados en la fabricación del material.

Equipo / Elemento	Descripción	Fotografía
Bagazo de caña de azúcar	Obtenido del residuo fibroso que se forma después de comprimir y pulverizar los tallos de la caña de azúcar.	
Cascarilla de arroz	Residuo obtenido del proceso de descascarado y pulido del arroz.	
Salvado de trigo	El salvado de trigo es la capa externa y fibrosa del grano de trigo. Se compone principalmente de las capas del pericarpio y del germen de trigo, y se separa durante el proceso de refinación del trigo para obtener harina blanca.	
Almidón de yuca	También conocido como tapioca contiene propiedades adherentes, gelatizantes y espesantes que son útiles en aplicaciones industriales.	

Equipo / Elemento	Descripción	Fotografía
Almidón de maíz	Una formulación hidroligante para absorber el exceso de líquido tras la cocción de alimentos ricos en carbohidratos, como arroz, patatas, pasta, cereales, legumbres, etc., consistente en un almidón físicamente alterado en un rango del 20 al 60 % en peso.	
Almidón de papa	El almidón de papa es un polisacárido que se extrae de las papas (patatas). Las papas son una fuente rica de almidón, que es un tipo de carbohidrato complejo compuesto por cadenas largas de glucosa.	
Balanza	Elemento empleado para medir la cantidad de los componentes de la mezcla.	
Molino	Elemento y/o equipo empleado para moler la cascarilla del arroz y el bagazo de caña.	

Equipo / Elemento	Descripción	Fotografía
Horno	Este equipo sirve para medir el tiempo y temperatura de la cocción del material.	
Moldes	Elementos que permiten desarrollar una geometría acertada para el diseño.	
Desmoldante de repostería	Elemento antiadherente a base de aceite vegetal, comúnmente utilizado en la repostería. Su función principal es evitar que los pasteles o postres se adhieran a los moldes durante el proceso de horneado.	
Guantes	Elemento destinado para proteger la integridad del individuo a la par de mantener la sinterización de la mezcla.	

Equipo / Elemento	Descripción	Fotografía
Mandil	Elemento fundamental en prácticas de laboratorio.	

2.2. Tipos de la investigación

2.2.1. Bibliográfico

La investigación bibliográfica es un proceso de búsqueda y revisión de la literatura existente en torno a un tema o pregunta de investigación específica. Para lo cual en la presente investigación se recopiló información relevante de diferentes estudios de materiales compuestos enfocados al desarrollo de productos biodegradables.

2.2.2. Documental

Una investigación documental implica la búsqueda, revisión y evaluación de documentos, registros y fuentes escritas, ya sean en formato impreso o electrónico, con el propósito de abordar interrogantes de investigación o investigar un tema en particular para lo cual en la investigación se identifica las normativas para materiales biodegradables.

2.2.3. Experimental

La investigación experimental se caracteriza por la manipulación de variables independientes, aquellas que son controladas por el investigador, con el propósito de observar y medir las consecuencias que generan en las variables dependientes, aquellas que son medidas. Este enfoque investigativo se emplea con el fin de establecer relaciones de causa y efecto y para poner a prueba hipótesis científicas [57]. Su abordaje se describió totalmente en los ensayos de dureza.

2.3. Modalidad de la investigación

El objetivo del proyecto se basó en desarrollar una serie de diseños relacionados con vajillas de platos que son tanto biodegradables como impermeables. Para lograr esto, utilizamos varios enfoques de investigación:

2.3.1. Histórico - Lógico

Este método resulta fundamental en el proceso de desarrollo de un producto, ya que permite obtener parámetros y cualidades específicas esenciales. A través de este enfoque, planificamos la identificación de materiales adecuados para cumplir con los requisitos (geometría, peso, dimensiones y color) nacionales e internacionales. Además, se recopiló datos de diversas investigaciones y artículos científicos relacionados con la fabricación de platos biodegradables.

2.3.2. Observación

Este tipo de investigación implica un enfoque empírico, ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería [57]. Su objetivo es comprender el funcionamiento y las características que un producto, en este caso, un material compuesto, mismo que debe cumplir con parámetros esenciales para satisfacer las necesidades de la población.

2.3.3. Hipotético - Deductivo

Se emplea este enfoque de investigación para realizar ajustes y mejoras en proyectos futuros, como cambios en dimensiones, parámetros, temperatura, presión, entre otros. Los parámetros y condiciones establecidos en el proyecto se emplearon como base para experimentaciones en proyectos posteriores.

En consonancia con la información obtenida acerca de los diferentes tipos de investigación, el diseño de una vajilla biodegradable se basa en todas las metodologías denotadas con antelación. Esto permitió prevenir posibles fallos o defectos en el proceso de desarrollo [58]. Los datos necesarios, como cálculos, se obtienen a partir de fuentes bibliográficas relacionadas con el diseño en ingeniería mecánica, como documentos de investigación, artículos científicos y libros. Las características, propiedades físicas y mecánicas de los materiales se encuentran en catálogos proporcionados por diversos proveedores locales (caricarillas de arroz o tamiz).

2.4. Requisitos de los componentes del producto

2.4.1. Características intrínsecas

En lo que respecta a las consideraciones que un producto de calidad y dentro de un modelo biodegradable e impermeable, en la tabla 3 se muestra a continuación describe los requisitos de cada material.

Tabla 3.- Requisitos del material (Cascarilla).

REQUISITOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO	
Requisitos	Observaciones
Dimensiones	205 mm y 20 mm de altura
Material Residuos generados por el arroz (cascarilla)	
Color	Natural (Blanco)
Peso	62 a 180 g
Olor	Inoloro
Espesor	3 mm
Textura	Lisa
Temperatura de Uso	-25 °C a 200°C
Tiempo de biodegradabilidad	De 15 a 30 días después de su uso
Toxicidad	Inocuos
Geometría	Circular
Precauciones	<ul style="list-style-type: none">• No comestible.• Conservar en ambientes secos.• Desechar después de su uso.
Requisitos Ambientales	<ul style="list-style-type: none">• Uso de material biodegradable.• Usar residuos del arroz generados tras la cosecha y postcosecha.• Usar biopolímeros naturales (almidón de arroz).• Utilización de energía limpia.• Optimizar proceso de producción.• Debe descomponerse naturalmente.• Reutilización de material como abono.

REQUISITOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO	
Requisitos	Observaciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Regresa a la naturaleza tras su desecho. • Empaques biodegradables y reciclables.
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Debe proyectar resistencia. • Debe poseer indicaciones de uso y desecho. • Debe proyectar seguridad.

En la tabla 3 se muestran las características intrínsecas y observaciones del material de cascarilla de arroz.

Tabla 4.- Requisitos del material (Bagazo de Caña de Azúcar).

Material Bagazo de caña de azúcar	
Requisitos	Observaciones
Color	Natural (marrón)
Peso	90 a 300 g
Olor	Inoloro
Espesor	50mm a 70mm
Textura	Ligeramente rugosa
Temperatura de Uso	150 °C a 180°C
Tiempo de biodegradabilidad	De 6 meses a 1 año después de su uso
Toxicidad	Inocuos
Geometría	No definida
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • No comestible. • Conservar en ambientes secos. • Desechar después de su uso.
Requisitos Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de material biodegradable se puede utilizar como materia prima en la producción de papel, cartón. • Si no se recicla se procede con las regulaciones de gestión de residuos.
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Debe proyectar resistencia. • Debe poseer indicaciones de uso y desecho.

En la tabla 4 se muestran las características intrínsecas y observaciones del material del bagazo de caña de azúcar.

Tabla 5.- Requisitos del material (Salvado de Trigo)

Material Salvado de Trigo	
Requisitos	Observaciones
Color	Natural (marrón)
Peso	100 a 105 g
Textura	Ligeramente rugosa
Temperatura de Uso	150 °C a 200°C
Tiempo de biodegradabilidad	De 6 a 4 semanas
Toxicidad	Inocuos
Geometría	No definida
Precauciones	<ul style="list-style-type: none"> • Comestible. • Conservar en ambientes secos.
Requisitos Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de material biodegradable se puede utilizar como materia prima de comestibles.
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Debe proyectar resistencia. • Debe poseer indicaciones de uso y desecho. • No presentar moho.

En la tabla 5 se muestran las características intrínsecas y observaciones del material de salvado de trigo.

2.4.2. Normativa Legal

A continuación, se enlistan los requisitos normativos del material compost biodegradable que debe poseer con el propósito de cumplir con los requerimientos de degradación a la par de la fabricación.

Aspectos varios para el ensayo del material:

- Para ser identificados como compostables, los productos y materiales deberán cumplir los requisitos de los apartados 6.2, 6.3, utilizando pruebas de laboratorio apropiadas y representativas de las condiciones encontradas en las instalaciones industriales de compostaje.

- Las muestras de ensayo no deberán someterse a condiciones o procedimientos diseñados para acelerar la desintegración o biodegradación antes de los ensayos descritos en 6.2 o 6.3 (Ver norma ISO 17088) [59].
- Si los productos o materiales sometidos a ensayo incluyen cargas inorgánicas, éstas deberán estar presentes cuando los productos o materiales se sometan a los ensayos descritos en los puntos anteriormente mencionados. Sin embargo, su contenido de carbono inorgánico no deberá ser inferior al contenido de carbono inorgánico.

2.4.2.1. Desintegración durante el compostaje (6.2 – 6.3)

Cuando se ensayen artículos y productos acabados, los ensayos se realizarán comenzando con los artículos y productos en la misma forma en que están destinados a ser utilizados. En el caso de productos y materiales fabricados en varios espesores o densidades diferentes, como películas, envases y espumas, sólo será necesario someter a ensayo los productos y materiales más espesos o densos, siempre que la composición química y la estructura de los respectivos artículos y productos sigan siendo las mismas.

Se considera que un producto plástico ha demostrado una desintegración satisfactoria si, tras 84 días en un ensayo de compostaje controlado, se desintegra completamente en fragmentos de menos de 2 mm. Esto se demuestra si no queda más del 10 % de su masa seca original tras tamizarlo a través de un tamiz de 2,0 mm. Es necesario señalar que el material a emplear como base es orgánico de su mayor porcentaje; por ende. Se espera una degradación totalmente inferior al considerarla en comparación con el plástico.

Sin embargo, se espera en mismo y mayor umbral a la desintegración; 90 % es el resultado de la desintegración completa (100 %) menos una tolerancia del 10 %. Se aplica una tolerancia del 10 % para tener en cuenta la variabilidad que se produce en los procesos biológicos.

La contaminación visual del compost, evidenciada por la reducción de la aceptabilidad estética, no deberá aumentar significativamente por ningún residuo posterior al compostaje del producto o material introducido. Por lo tanto, cualquier residuo deberá ser indistinguible a simple vista del resto de la materia del compost a una distancia de 500 mm. La evaluación visible del compost se documentará mediante fotografía [59].

Nota: Esta información fue asimilada de la norma Organic recycling —Specifications for compostable ISO 17088.

Por otro lado, la biodegradabilidad (no deberá superar el 5%) se relaciona con los contenidos como orgánicamente recuperables, cada embalaje, material de embalaje o componente de envase será inherentemente biodegradables y han demostrado última instancia en las pruebas de laboratorio (cláusula 6 ver norma NF EN 13432) y a los criterios y pasar los niveles indicados en el Anexo A.2 [44].

Para ser designado contenidos como orgánicamente recuperables, cada embalaje, material de embalaje o componente de envase deberá desintegrarse en un proceso de tratamiento de residuos biológicos (véase la cláusula 7) a los criterios y pasar los niveles indicados en el Anexo A.3, sin ningún efecto negativo apreciable en el proceso.

2.4.2.2. Calidad del compost

Para ser designado como orgánicamente recuperable, sin componente de envase o embalaje de este, sometido a un proceso de tratamiento de residuos biológicos, será denotado teniendo un efecto negativo en la calidad de la resultante y compost (véase la cláusula 8) [44]. A continuación, en la tabla 6 se enlista el número ensayos a la par los porcentajes para cada uno de los materiales empleados en el desarrollo de la creación del material.

Tabla 6.- Material de referencia para en ensayado [3] [60].

Ensayo	Cascarilla de arroz	Almidón de maíz
1	90%	10%
2	85%	15%
3	80%	20%
Ensayo	Bagazo de caña de azúcar	Almidón de yuca
1	50%	50%
2	75%	25%
3	95%	5%
Ensayo	Salvado de trigo	Almidón de papa
1	65%	35%
2	75%	25%
3	90%	10%

Nota: Los valores destacados son únicamente referenciales y sus cantidades pueden verse modificadas con el propósito de fabricación del producto.

2.4.2.3. Aplicación de la película impermeable

La impermeabilización de una vajilla desechable fabricada netamente con productos biodegradables, necesitan cierta característica de impermeabilidad, este proceso permite que el plato tenga mayor resistencia al impacto y al mismo tiempo mayor flexibilidad, sin permitir el paso de fluidos.

A continuación, se presenta las características técnicas de una película impermeable de grado alimenticio:

Tabla 7.-Ficha técnica Polhidral de Grado Alimenticio.

Datos técnicos	Descripción
Colores	EPO02200 blanco
Catalizador poliamida	CAT00003
Brillo	Semibrillante
Temperatura de trabajo	130°C y -35°C
Proporción de la mezcla	4 a 1 espesor recomendado: 100 – 125 (4-5 mils)
Temperatura de secado	25°C
Secado al tacto	2horas

Este sellante de grado alimenticio será aplicado en la vajilla desechable una vez que este fabricado para obtener mayores beneficios y no comprometa tanto en su estructura, como en su composición, para lograr la degradación completa del plato.

2.5. Aplicación de la Normativa en la fabricación de vajilla

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon las normas de dureza, flexión e impacto.

- Normas consideradas en la elaboración de platos biodegradables

Para establecer esta normativa, se debe tener en cuenta que, se emplearon moldes de conformado activados mediante prensado mecánico, utilizando un calentamiento mediante resistencias. Para lo que, es necesario someter el bagazo de caña de azúcar a un secado de 24 horas a 50°C y luego llevar a cabo un proceso de molienda antes de que pueda ser conformado en el molde [60].

En este contexto, la regulación técnica implica la creación, adopción y aplicación de normativas técnicas esenciales para salvaguardar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas. Donde, se aplica el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 195 “GATOS HIDRÁULICOS Y MECÁNICOS” [61]. Asimismo, el diseño y materiales empleados en la construcción del equipo se basaron en la normativa ecuatoriana RTE INEN 131 sobre seguridad e higiene de maquinaria destinada al procesamiento de alimentos [62].

2.5.1. Prueba de biodegradabilidad

Para la prueba de biodegradabilidad se ejecuta dos procedimientos, donde el primero consta de exponer los platos a un medio acuoso en un periodo de tiempo y en exposición a la intemperie, acorde al siguiente esquema de tiempo según Arguello y Torres [60]:

- Tiempo 0; el plato está en perfectas condiciones.
- Tiempo de 30 minutos; el plato es sumergido en el agua hasta los bordes, perdiendo la forma sólida.
- Tiempo de 50 minutos; El plato procede a desintegrarse y deshacerse.
- Tiempo de 3 días; El plato sigue sumergido en agua y expuesto a la intemperie y se presenta moho.
- Tiempo de 2 semanas; el plato ya no presenta agua, se mantuvo a la intemperie y presenta moho iniciando su desintegración total a un mes en dichas condiciones.

2.5.2. Ensayo de Dureza Shore D

Esta es una prueba de dureza del material que mide la resistencia a las indentaciones; puede ser catalogada como una prueba estándar utilizada en la industria para medir la dureza de un material por profundidad de penetración cuando el material es tan blando que no se puede utilizar la prueba de dureza Rockwell. En este sentido, los métodos de prueba más utilizados son ASTM D2240 e ISO 868 con valores de dureza que van de 0 a 100 [63].

2.5.3. ASTM D 7264/D 7264M – 07

Esta prueba en especial consiste determinar la carga máxima, esfuerzo máximo, módulo de elasticidad y deformación. Norma ASTM D7264 la cual trata de analizar la carga vertical ejecutada en el centro de la probeta que está apoyada [64].

2.5.4. ASTM D 5628 – 96

Para medir la energía de fractura de las muestras se utilizó la norma ASTM D5628, que se utiliza para muestras planas y rígidas usando un dardo como gota, buscando diferentes alturas donde se rompe el nuevo material, y si no se rompe, se busca otras alturas aumentando su peso hasta que el material se rompe. La norma nos informa que se debe determinar la energía media de ruptura. Las probetas de dureza fueron efectuadas en el producto final, la de flexión (13x160) mm y la de impacto (58x58) mm [65].

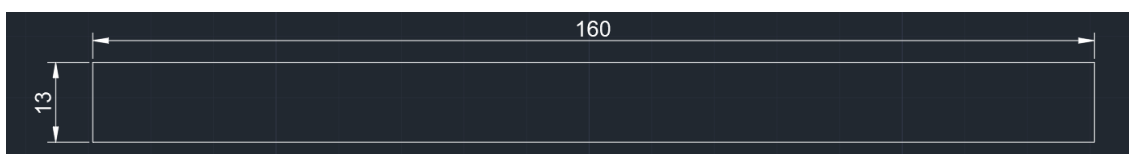


Figura 7.- Probetas norma ASTM D 7264/D 7264M – 07.

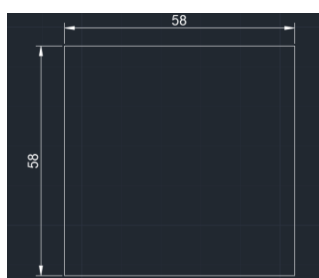


Figura 8.- Probetas norma ASTM D 5628 – 96.

2.6. Adquisición de materia prima

En este aspecto es necesario destacar que la adquisición del material base tuvo casi ninguna complicación pues cada elemento pudo encontrarse en ciertos lugares estratégicos; tal es el caso de la cascarilla de arroz, salvado de trigo y por último polvo de caña de azúcar. Este elemento tuvo que ser adquirido y efectuado en tres etapas. Primero, se obtuvo a manera de fibras para su posterior secado en el horno y por último trituración en un molino de ½ propiedad de los investigadores. Caso similar a la cascarilla de arroz pues se requiere de todos materiales base sean pulverizados. Por otro lado, para el caso de la aglutinante (almidón de papa) este fue obtenido en la casa del químico. A continuación, se ofrece una descripción aún más detallada de su adquisición.

- El salvado de trigo se consiguió en un centro naturista a un precio de 1.50 dólares una cantidad de 200 gramos por funda.



Figura 9.- Salvado de trigo.

- La cascarilla de arroz se consiguió en una fábrica que procesan arroz y la cascarilla o también conocido como el tamiz de arroz. Este material es comúnmente desechado por lo que este material no tiene ningún costo.



Figura 10.- Cascarilla de arroz.

- El bagazo de azúcar se consiguió en los lugares donde venden jugo de caña ya que al ser triturados liberan mejor el jugo y quedan secas. Este material tampoco tiene ningún costo ya que son desechos después de su trituración.



Figura 11.- Bagazo de la caña de azúcar triturado.

2.7. Diagrama de desarrollo del prototipo

En lo que respecta al desarrollo de presente trabajo de investigación el procedimiento detallado se enlista en la figura 12 mostrada a continuación.

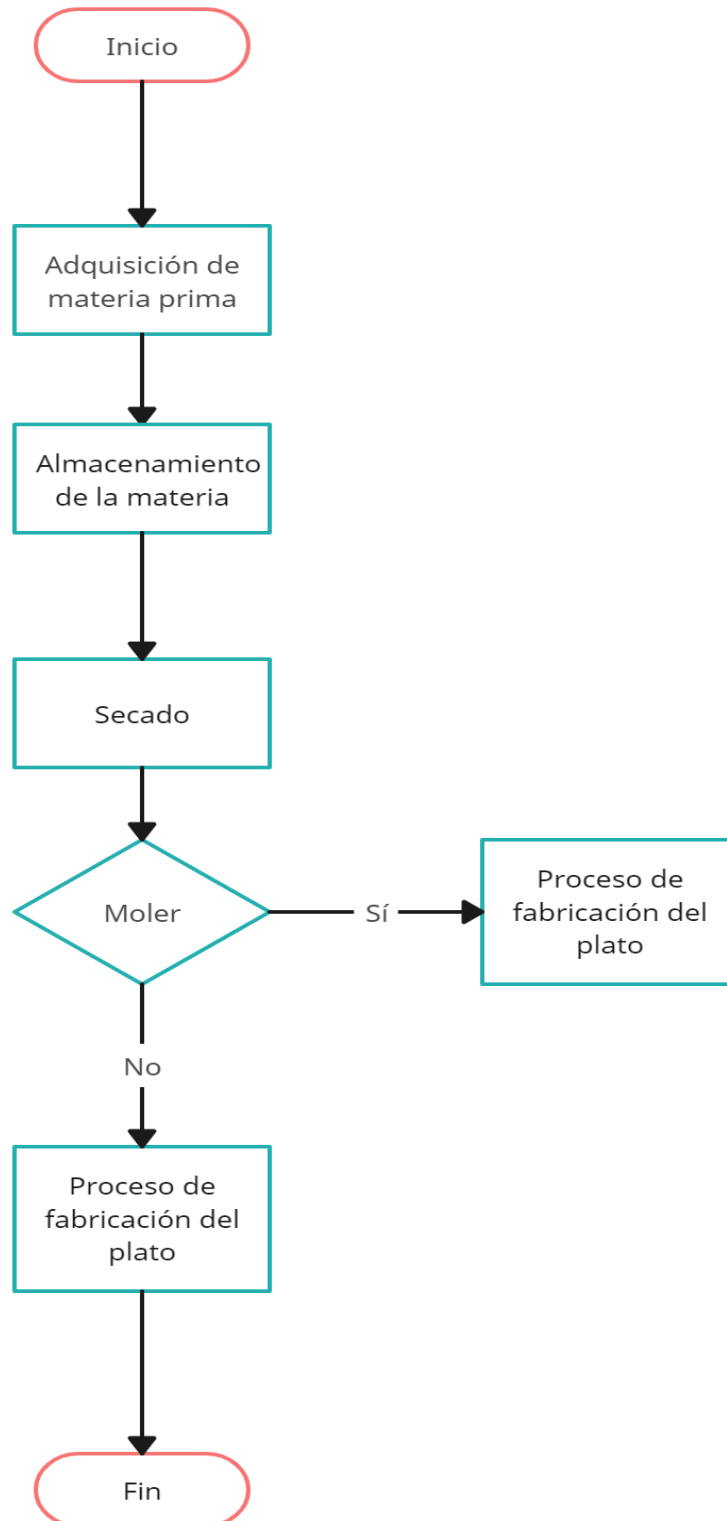


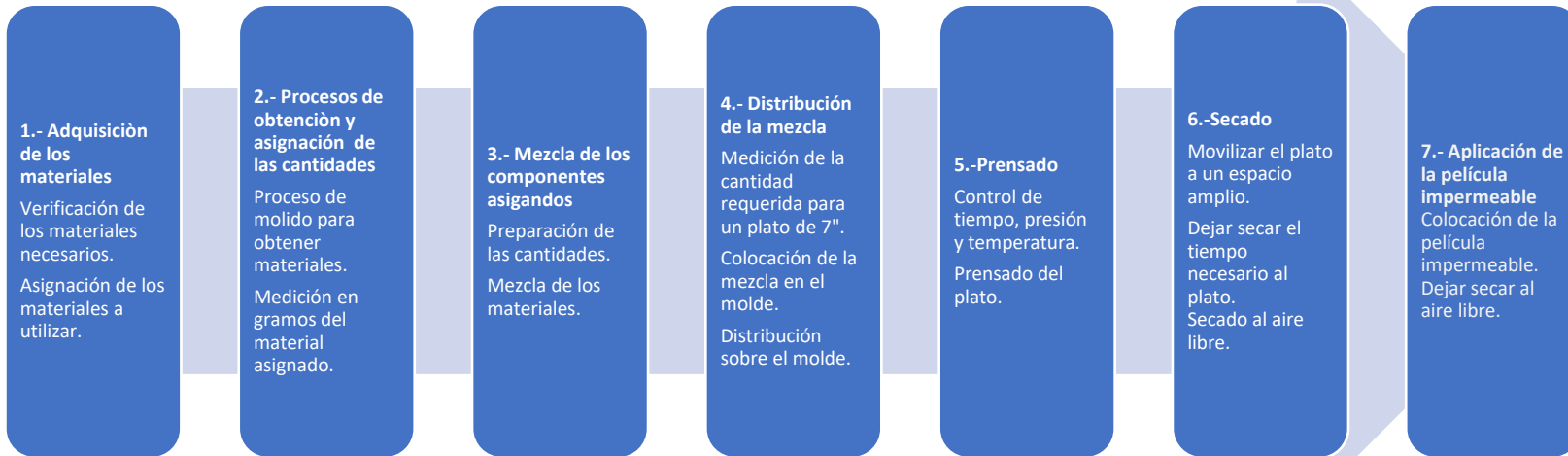
Figura 12.- Proceso de manufactura de vajilla biodegradable.

2.8. Mapa de procesos

MAPA DE PROCESOS PARA LA OBTENCION DEL MATERIAL Y FABRICACION DE LA VAJILLA DESECHABLE

Procesos Operativos

Necesidades y requerimientos del cliente



Satisfacción del cliente

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se enlistan en primera instancia las cantidades y fracciones para el desarrollo del producto; dichos valores se dejan en manifiesto en la tabla 7 mostrada a continuación.

3.1. Interpretación del ensayado

En este apartado se analiza el funcionamiento de la maquina prensadora de platos que se encuentra en el laboratorio de Mecánica en el área de neumática. Las figuras expuestas a continuación denotan el procedimiento de reconocimiento a la par de las acciones que se necesitan para el desarrollo del producto.



Figura 13.- Prensadora de platos [3].

Es necesario resaltar que la máquina posee una tesis como base [3], por ende, se emplea esta información (componentes y sus funciones, además el manual de uso para fabricar platos con un material biodegradable) como modelo para el desarrollo de la presente investigación. La preparación de los materiales se efectuó con base en las siguientes especificaciones.

- El salvado de trigo al adquirirse desde un centro naturista no necesita pasar por ningún proceso para poder elaborar la mezcla con la que se fabricara el plato.



Figura 14.- Salvado de trigo.

- La cascarilla de arroz también conocida como el tamo del arroz pasa por un proceso de pulverización al momento de molerse en un molino eléctrico.



Figura 15.- Cascarilla de arroz molido.

- El bagazo de azúcar pasa por tres procesos para lograr obtener el material adecuado. Primero, el bagazo de caña que ya está triturado se lo seca en horno a 50 °C por 8 horas.



Figura 16.- Horno precalentado a 50 °C.

Segundo, el bagazo que está completamente seco se muele en molinos para granos y se obtiene como un tipo de fibra.



Figura 17.- Bagazo de caña de azúcar molido por primera vez.

Tercero, se lo vuelve a moler para obtener algo similar al salvado de trigo y a la cascarilla de arroz.



Figura 18.- Bagazo de caña de azúcar molido por segunda vez.

Una vez finalizado este proceso se efectuó la mezcla de cada una de las cantidades de material con el propósito de generar el producto. Es necesario mencionar que fracción puede ser determinada a manera de porcentaje tal y como se muestra a continuación.

Fracción Volumétrica

$$Fv = \frac{C_{gr} * 100\%}{\sum C_{gr}}$$

Donde:

C_{gr} = Cantidad del material (salvado de trigo, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar, almidón de maíz, almidón de papa, almidón de yuca y agua)

ΣC_{gr} = Sumatoria de la cantidad de material

$$Fv_{1s} = \frac{25 * 100\%}{65} = 38.46\%$$

$$Fv_{1A} = \frac{20 * 100\%}{65} = 30.77\%$$

$$Fv_{1Ag} = \frac{20 * 100\%}{65} = 30.77\%$$

Nota: Para calcular las demás fracciones de necesario efectuar el mismo procedimiento y adecuar al valor total del material.

Siendo:

Fv_{1s} = Fracción volumétrica del material (salvado de trigo, cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar)

Fv_{1A} = Fracción volumétrica del almidón (almidón de maíz, papa, yuca)




Fv_{1Ag} = Fracción volumétrica del agua




3.2. Mezclas para la elaboración de los platos con los materiales obtenidos




Salvado de trigo


Es necesario mencionar que al inicio de esta investigación y por tratarse de un trabajo experimental se tomaron medidas para las mezclas que fabricaran los platos de trabajos de investigación como tesis, proyectos y ensayos. Pero también se tomaron medidas al azar por criterio de los autores de esta investigación experimental dando como resultado la tabla 10 mostrada a continuación.

Tabla 8.- Plato elaborado con salvado de trigo, almidón de papa y agua.

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
1	25 gr	20 gr	20 ml	284 °F	7 bar	7 min	El plato salió incompleto y poco resistente y muy grueso, sin embargo, el plato pesa 38 gramos.	
2	30 gr	25 gr	20 ml	284 °F	7 bar	7 min	El plato salió incompleto y poco resistente por lo que se deshace en los bordes. El plato pesa 42 gramos.	
3	35 gr	35 gr	25 ml	284 °F	7 bar	5 min	Debido a la alta temperatura el plato explotó y no se formó por completo. El plato pesa 49 gramos.	




N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
4	45 gr	45 gr	30 ml	284 °F	7 bar	6 min	El plato salió incompleto pero muy resistente, sin embargo, tiene un espesor muy grande. El plato pesa 86 gramos.	
5	55 gr	35 gr	40 ml	230 °F	7 bar	5 min	Tiene una buena consistencia sin embargo le falta material por que sale incompleto en sus bordes. Este plato pesa 82 gramos.	
6	65 gr	40 gr	45 ml	230 °F	7 bar	5 min	El plato salió completo, pero falta presión o mayor temperatura para llegar a su grosor adecuado. Este plato pesa 156 gramos.	




N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
7	60 gr	45 gr	40 ml	230 °F	8 bar	5 min	El plato salió completo y con buena consistencia al momento de ser prensado. El plato pesa 92 gramos.	
8	55 gr	50 gr	50 ml	230 °F	8 bar	3 min	El plato salió completo y muy resistente, se nota dureza al momento de secarse. Este plato pesa 88 gramos.	
9	55 gr	40 gr	45 ml	215 °F	8 bar	40 s	Este plato se formó en su totalidad, sin embargo, no es muy resistente. Este plato pesa 81 gramos.	




N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
10	50 gr	50 gr	50 ml	215 °F	8 bar	40 s	Este plato se preno en su totalidad gracias a una distribución adecuado, es muy resistente y pesa 77 gramos.	


En esta tabla se replicó un plato ya fabricado por otros tesistas con valores indicados en sus datos. Sin embargo, la fabricación de estos platos nos dio como resultado un plato que no era óptimo para ser fabricados, por lo que tomamos en criterio otros porcentajes de los productos para la mezcla y poder fabricar los platos. Por otro lado, la mezcla para la elaboración del plato será con un porcentaje de cascarilla de arroz, almidón de maíz y agua como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9.- Plato elaborado con Cascarilla de arroz, almidón de maíz y agua.

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
1	35 gr	25 gr	20 ml	284 °F	7 bar	7 min	Este plato salió incompleto y casi nada resistente, con poca dureza. Este plato pesa 33 gramos.	
2	45 gr	30 gr	25 ml	284 °F	7 bar	7 min	Este plato salió incompleto pero muy resistente por la presión ejercida sobre él. Este plato pesa 36 gramos.	
3	55 gr	35 gr	40 ml	230 °F	8 bar	5 min	El plato se formó en su totalidad, pero por la presión se desmorona en los bordes. Este plato pesa 91 gramos.	




N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
4	55 gr	40 gr	45 ml	230 °F	8 bar	3 min	La mala distribución de la mezcla hizo que se haga un orificio en el centro del plato, pero se formó completo. Este plato pesa 104 gramos.	
5	60 gr	50 gr	45 ml	230 °F	7 bar	4 min	El plato salió completo y resistente, sin embargo, se desmorona por los bordes. Este plato pesa 123 gramos.	
6	55 gr	40 gr	50 ml	230 °F	7 bar	2 min	Es más resistente que los demás, pero debido a la presión y temperatura se desmorona en sus	




N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
							bordes. Este plato pesa 96 gramos.	
7	55 gr	55 gr	45 ml	230 °F	8 bar	3 min	Plato completo con poca resistencia y muy grueso. Este plato pesa 94 gramos.	
8	55 gr	50 gr	50 ml	230 °F	8 bar	3 min	Este plato está formado completamente, es muy resistente y duro. Este plato pesa 92 gramos.	
9	50 gr	55 gr	45 ml	215 °F	8 bar	40 s	Plato completo con muy buena resistencia y dureza. Este plato pesa 81 gramos.	





N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
10	50 gr	50 gr	50 ml	215 °F	8 bar	40 s	Este plato está formado completamente y es muy resistente. Este plato pesa 80 gramos.	

En la tabla 8 mostrada con antelación se tomaron medidas por criterio de los autores ya que no existía un trabajo investigativo que contenga datos para las medidas de los materiales aplicados en la fabricación de este plato (bajo esta combinación de materiales). Sin embargo, debido a que el material se parecía mucho al del salvado de trigo, se tomaron las mismas medidas, arrojando resultados similares. Finalmente, tomando como análisis la última mezcla para la elaboración del plato será con un porcentaje de bagazo de caña de azúcar, almidón de yuca y agua como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 10.- Plato elaborado con bagazo de caña de azúcar, almidón de yuca y agua


N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
1	20 gr	15 gr	30 ml	284 °F	7 bar	7 min	El plato salió incompleto debido a que falta más cantidad de materiales. Este plato pesa 27 gramos.	
2	25 gr	20 gr	30 ml	284 °F	7 bar	6 min	En esta práctica no se usó desmoldante por lo que el plato se quedó pegado a las matrices. El plato pesa 28 gramos.	
3	30 gr	30 gr	40 ml	266 °F	7 bar	4 min	El plato explotó debido al tiempo empleado, sin embargo, sus fibras quedaron bien compactadas. Este plato pesa 73 gramos.	

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
4	35 gr	35 gr	30 ml	266 °F	7 bar	3 min	El plato salió casi en su totalidad, pero por la temperatura se trizo en sus bordes. El plato pesa 93 gramos.	
5	45 gr	45 gr	50 ml	266 °F	7 bar	3 min	Este plato tiene buena consistencia, sin embargo, falta material para que el plato no sufre partiduras. Este plato pesa 99 gramos.	
6	45 gr	45 gr	45 ml	284 °F	7 bar	3 min	Debido a la alta temperatura el plato sufrió una alteración al momento de que el pistón se alzó, desprendiendo una parte del plato, sin embargo, la consistencia del plato es muy buena. El plato pesa 85 gramos.	

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
7	45 gr	50 gr	45 ml	230 °F	8 bar	3 min	Plato completo con poca resistencia y muy grueso. Este plato pesa 89 gramos.	
8	60 gr	50 gr	55 gr	230 °F	8 bar	3 min	Este plato está formado completamente, es muy resistente y duro. Este plato pesa 83 gramos.	
9	55 gr	50 gr	55 ml	215 °F	8 bar	40 s	Plato completo con muy buena resistencia y dureza. Este plato pesa 80 gramos.	
10	50 gr	50 gr	50 ml	215 °F	8 bar	40 s	Este plato está formado completamente y es muy resistente. Este plato pesa 77 gramos.	


A manera de conclusión se puede aseverar que las medidas que se tomaron para la fabricación del producto final y/o plato fueron asimiladas por una tesis realizada en la ESPOCH, donde se muestran valores referenciales para fabricar platos biodegradables, Sin embargo, debido a que el molde desarrollado en la prensa tiene diferentes dimensiones y espesores a la del trabajo de investigación en cuestión, se efectuaron medidas a criterio, pero con resultados similares al del salvado de trigo, cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar.

Tabla 11.-Valores obtenidos para la fabricación de platos con salvado de trigo.

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
1	50 gr	50 gr	50 ml	215 °F	8 bar	40 s	Esta mezcla resulto la mejor ya que el plato salió completo y tiene buena consistencia. El plato pesa 81 gramos.	


La tabla 10 muestra el porcentaje óptimo para la fabricación del plato a la par de los valores que se deben tener en consideración al momento de realizar la mezcla. El total de la mezcla comprende un total de 147 gramos, y para obtener el mejor plato solo se toma 115 gramos de la mezcla total como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 12.-Platos fabricados con la mezcla de salvado de trigo, almidón de papa y agua.

N°	Mezcla Total	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Densidad	Imagen
1	115 gr	215 °F	8 bar	40 s	Plato completo con buena resistencia y un espesor optimo. Este plato pesa 76 gramos.	$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volúmen}}$ $\rho = 1.084 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	


Nota: El cálculo de la densidad está dada por la masa del plato final sobre su volumen. Siendo el volumen un valor de 70,138 cm³, valor obtenido del modelado en el software SolidWorks [66].

Tabla 13.-Valores para la fabricación de platos con cascarilla de arroz.

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
1	50 gr	50 gr	50 ml	215 °F	8 bar	40 s	Esta mezcla resulto la mejor ya que el plato salió completo y tiene buena consistencia. El plato pesa 81 gramos.	


La tabla 12 mostrada con antelación denota el porcentaje óptimo para la fabricación del plato y valores que se deben poner al momento de realizar la mezcla. El total de la mezcla es de 163 gramos, y para obtener el mejor plato solo se toma 115 gramos de la mezcla total como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 14.-Platos fabricados con la mezcla de cascarilla de arroz, almidón de maíz y agua.

N°	Mezcla Total	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Densidad	Imagen
1	115 gr	215 °F	8 bar	40 s	Plato completo con buena resistencia y dureza, y un espesor optimo. Este plato pesa 80 gramos.	$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volúmen}}$ $\rho = 1.141 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	


Nota: El cálculo de la densidad está dada por la masa del plato final sobre su volumen. Siendo el volumen un valor de 70,138 cm³, valor obtenido del modelado en el software SolidWorks [66].

Tabla 15.-Valores para la fabricación de platos con bagazo de caña de azúcar.

N°	Salvado	Almidón	Agua	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Imagen
1	50 gr	50 gr	50 ml	215 °F	8 bar	40 s	Esta mezcla resulto la mejor ya que el plato salió completo y tiene buena consistencia. El plato pesa 83 gramos.	

La tabla 17 nos indica el porcentaje óptimo para la fabricación del plato y valores que se deben poner al momento de realizar la mezcla. El total de la mezcla nos da un total de 127 gramos, y para obtener el mejor plato solo se toma 115 gramos de la mezcla total como se indica a continuación.

Tabla 16.-Platos fabricados con la mezcla de bagazo de caña de azúcar, almidón de yuca y agua.

N°	Mezcla Total	Temperatura	Presión	Tiempo	Observación	Densidad	Imagen
1	115 gr	215 °F	8 bar	40 s	Plato completo con buena resistencia y dureza, y un espesor optimo. Este plato pesa 77 gramos.	$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$ $\rho = 1.098 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$	

Nota: El cálculo de la densidad está dada por la masa del plato final sobre su volumen. Siendo el volumen un valor de 70,138 cm³, valor obtenido del modelado en el software SolidWorks [66].

Una vez obtenido el plato este debe ser expuesto al aire libre en un transcurso de tiempo mínimo 5 horas, este proceso ayudará al plato a que no pierda sus propiedades caso contrario el plato podrá perder principalmente su forma rígida.

3.3. Análisis de resistencia y modelado el software

El modelado del plato es de 7", el mismo modelo que uso [3] porque que se utilizó la máquina y molde en el presente proyecto.

Para el análisis de resistencia se registra las siguientes condiciones:

- El plato se encuentra con una sujeción fija.
- Aplicado una carga de 6.17 N, valor tomado de la tabla 19 que se obtuvo por medio de los ensayos del material que obtuvo la mayor fuerza aplicada a diferencia de los otros materiales.
- Trazado de calidad de malla, generado por el mismo software SolidWorks [66].

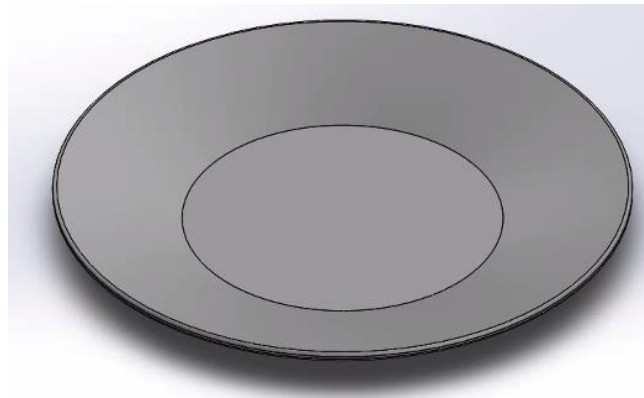


Figura 19.- Modelado del plato.

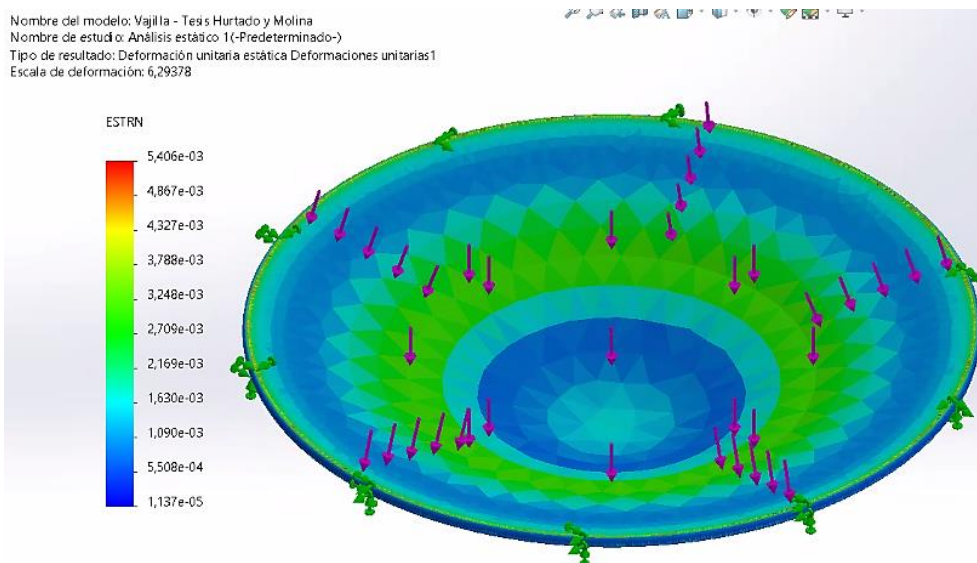


Figura 20.- Deformación unitaria con respecto el peso de 289 gr.

Nombre del modelo: Vajilla - Tejas Hurtado y Molina
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 6,29378

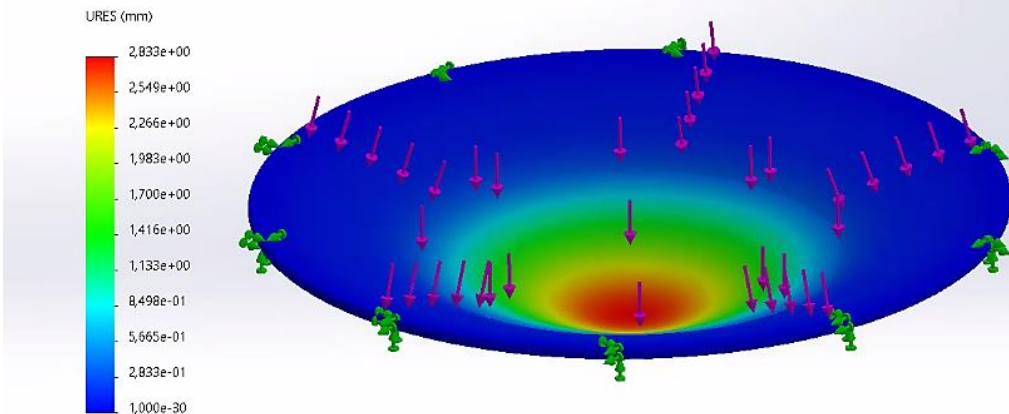


Figura 21.-Desplazamiento del fondo del plato.

Comentario

Es importante señalar que se tomó como base el peso de 289 gramos para el peso a colocar puesto que se está trabajando con una tesis modelo efectuada en la Universidad Técnica de Ambato. Los valores denotan que el peso puede soportar sin mayor contratiempo una carga de 6.17 N teniendo una deformación igual a 2,83 mm.

3.4. Impermeabilidad de la vajilla Desechable

Una vez que el plato fue fabricado se procede a aplicar una película impermeable a través de un sellante polhidral de grado alimenticio que se comporta como el componente que impermeabilizara la vajilla y no permitirá que pase ningún tipo de fluido, al igual que conservara de mejor forma los alimentos secos fríos y calientes.



Figura 22.- Impermeabilizante sellador Polhidral de Grado Alimenticio.

Los platos fabricados con los distintos materiales necesitan dos recubrimientos para impermeabilizarse por completo, dejando a la vista el color natural de cada material empleado en su fabricación, y más importante aún, que no pierda sus propiedades biodegradables y que puede estar en contacto con todos los tipos de alimentos secos fríos y calientes, además de líquidos.

Para este proceso se necesitó de la ayuda de dos brochas de 1 pulgada cada una, aplicándose el sellador al plato completo y dejando secar por un par de horas para recubrir ambos lados. Este proceso permite que el plato no se desmorone en sus bordes y conserve su dimensión.



Figura 23.- Aplicación de la película impermeable a los platos.

Como se mencionó se recubre dos veces para mejor impermeabilización del plato y así impedir el paso de fluidos fríos y calientes, de igual forma este proceso hace que el plato tenga una mayor dureza y resista mucho tiempo más de lo debido, sin afectar los parámetros de biodegradabilidad.



Figura 24.- Segundo recubrimiento del sellador polihidral de grado alimenticio a los platos.

Una vez que los platos estén recubiertos en su totalidad y secos por completo en un lapso de 4 a 5 horas, procedemos a hacerle una prueba de impermeabilidad. Esta prueba detalla que el plato este sellado y tenga impermeabilidad por completo, por lo que se le agrega agua y una hoja de papel en la base para verificar que no filtre el líquido.



Figura 25.- Aplicación de agua al plato sellado.

Se reviso el nivel de agua durante varios minutos, y después de 20 min se verifico que el agua no perdió altura y tampoco filtro al papel que se puso en la base para verificar que no salga húmedo una vez que se retire el plato con agua.



Figura 26.- No existe humedad en la hoja.

Como se evidencia en esta figura no hay humedad en la hoja por lo que no hubo filtración del líquido aplicado, y evidenciando que el sellante es totalmente valido para la aplicación de este en productos fabricados con materiales biodegradables, dando como resultado un plato biodegradable y totalmente impermeable.

3.5. Ensayos físicos y mecánicos

3.5.1. Ensayos de Flexión

Los ensayos de flexión se elaboraron a través de la norma ASTM D 7264/D 7264/M – 07, en la que especifica la medida en la que se deben elaborar las probetas para sus respectivos ensayos, según esta norma se pueden ensayar con 3 probetas. La vajilla fabricada con material biodegradable era muy resistente y difícil de cortar para elaborar las probetas por lo que su geometría únicamente pudo ser efectuada por medio de una cortadora laser.



Figura 27.- Cortadora laser omtech.

En esta cortadora laser se establece la medida exacta de la probeta dispuesta por la norma y una vez que se corta se obtiene la siguiente probeta.



Figura 28.- Probeta cortada con la cortadora laser.

Una vez obtenidas todas las probetas se procede a ensayar en la maquina universal para ensayos de flexión de polímeros como se detalla a continuación.



Figura 29.- Máquina para ensayos de tracción y flexión.

Ya instalada la maquina se procede a colocar todas las probetas para el ensayo de flexión. En primera instancia, el ensayo fue efectuado en los platos comerciales ya fabricados tanto los biodegradables nacionales e internacionales, como los plásticos comunes.



Figura 30.- Colocación de las probetas en la máquina para ensayos de flexión.

La denominación adoptada para la elaboración se denota a continuación:

- 1_1 Plato de Dream Pack Nacional detallado con color rojo.
- 1_2 Plato de Darnels Natural Internacional detallado con color café.
- 1_3 Plato de plástico detallado con color lila.

Tabla 17.- Resultados de prueba a flexión para vajilla de plástico.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	flexion.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	12/18/2023	Fecha de ensayo	12/18/2023
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	1mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max_Fuerza	Max_Tension	Max._Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1_1	12452.7	1.31130	61.9513	11.7682
1_2	22784.7	0.78678	37.1708	10.0762
1_3	3770.66	0.99341	46.9328	5.99993

Nombre	Max_Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1_1	0.68954	--	--	--
1_2	0.59040	--	--	--
1_3	0.35156	--	--	--

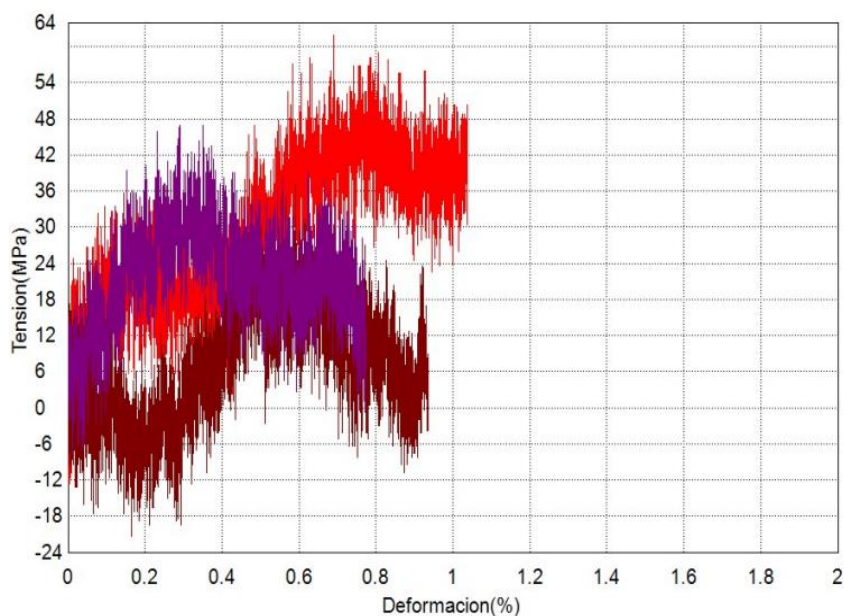


Figura 31.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación vajilla de plástico.

Después de los ensayos de los plásticos comerciales comunes, procedemos a analizar los ensayos de los platos fabricados con material biodegradable como lo son el salvado de trigo, cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar.

Salvado de Trigo

En este ensayo se pusieron a prueba 3 probetas para el ensayo de flexión.

Tabla 18.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con salvado de trigo.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	flexion.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	12/18/2023	Fecha de ensayo	12/18/2023
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max_Fuerza	Max_Tension	Max._Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1 _ 1	149.345	4.37895	206.880	4.98326
1 _ 2	130.057	1.81198	85.6054	2.87159
1 _ 3	718.641	1.22388	57.8212	1.60324

Nombre	Max_Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1 _ 1	0.29199	--	--	--
1 _ 2	0.16826	--	--	--
1 _ 3	0.09394	--	--	--

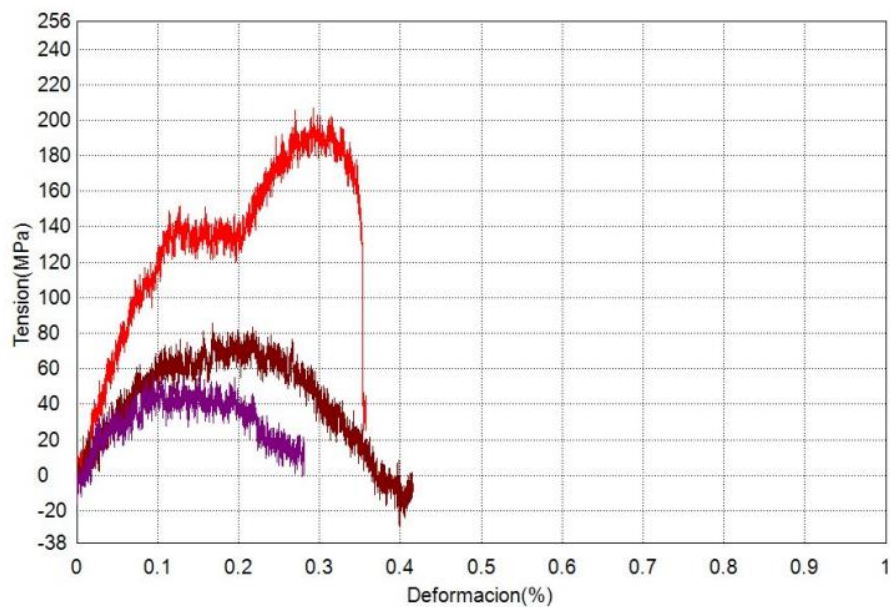


Figura 32.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación salvado de trigo.

Comentario

En la figura 32, se observa los resultados de la probeta uno (línea roja) que posee una resistencia superior con un pico máximo de 206.88 MPa. La probeta dos (línea café) presenta una resistencia media con un pico máximo de 85.60 MPa. Mientras que la probeta tres (línea lila) presenta una resistencia baja con un pico máximo de 57.82 MPa.

Aplicado la película impermeable

En este ensayo se pusieron a prueba 3 probetas para el ensayo de flexión.

Tabla 19.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con salvado de trigo con película impermeable.

Palabra llave	Nombre de producto		
Nombre de archivo de ensayo	flexion salvado.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	1/8/2024	Fecha de ensayo	1/8/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	1mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max_Fuerza	Max_Tension	Max_Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1_1	0.21017	2.48750	1.17520	8.83077
1_2	0.57777	1.78019	0.80051	10.1497
1_3	0.00856	1.36693	0.61468	8.49091

Nombre	Max_Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1_1	5.17428	--	--	--
1_2	6.09576	--	--	--
1_3	5.09952	--	--	--

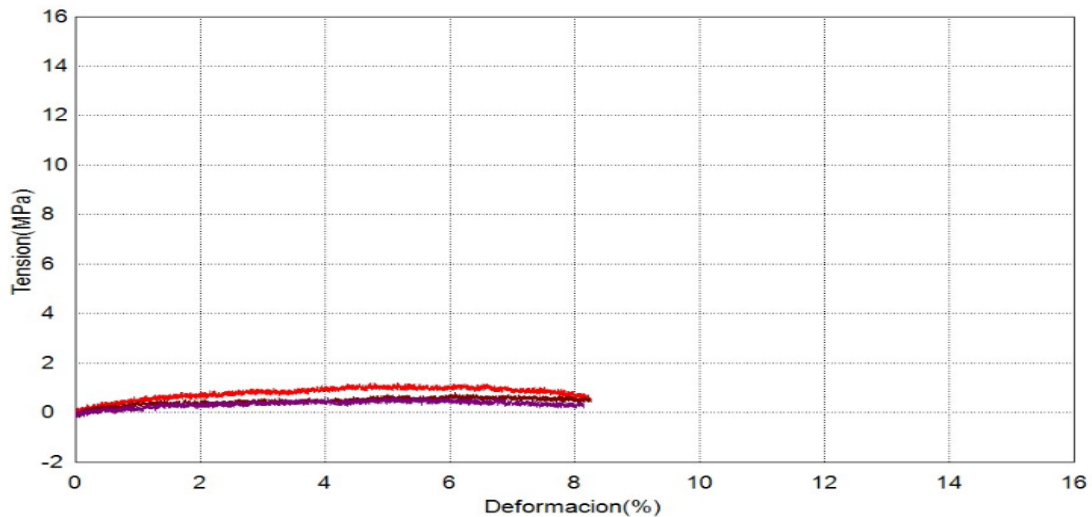


Figura 33.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación salvado de trigo con película impermeable.

Comentario

En la figura 33, se observa los resultados de la probeta uno (línea roja) que posee una resistencia superior con un pico máximo de 1.18 MPa. La probeta dos (línea café)

presenta una resistencia media con un pico máximo de 0.8 MPa. Mientras que la probeta tres (línea lila) presenta una resistencia baja con un pico máximo de 0.62 MPa.

Cascarilla de Arroz

En este ensayo se pusieron a prueba 3 probetas para el ensayo de flexión.

Tabla 20.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con cascarilla de arroz.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	flexion.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	12/18/2023	Fecha de ensayo	12/18/2023
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max._Fuerza	Max._Tension	Max._Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1_1	358.866	5.64257	266.578	2.64568
1_2	699.121	3.48886	164.828	2.13408
1_3	691.747	6.16709	291.359	3.61503

Nombre	Max._Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1_1	0.15502	--	--	--
1_2	0.12504	--	--	--
1_3	0.21182	--	--	--

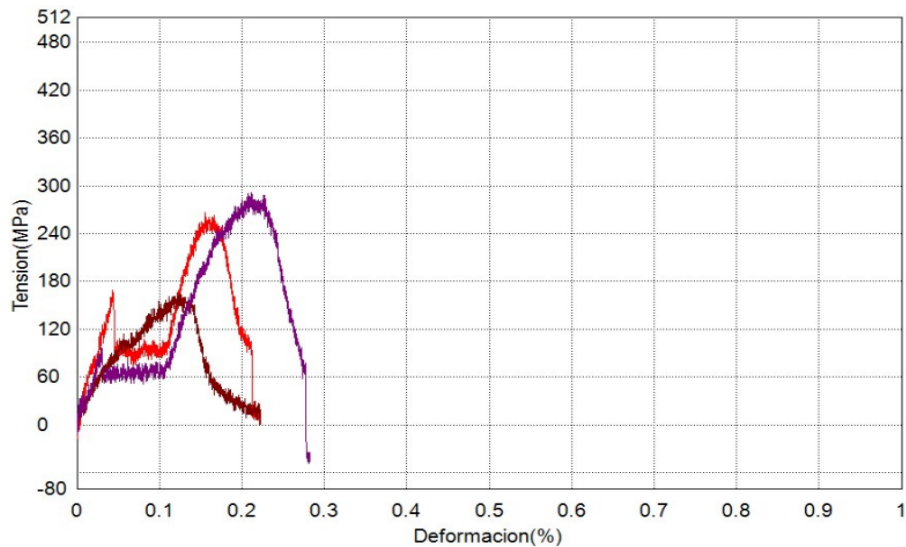


Figura 34.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación cascarilla de arroz.

Comentario

En la figura 34, se observa que, los resultados de la probeta tres (línea lila) presenta una resistencia superior con un pico máximo de 266.58 MPa. La probeta uno (línea roja) presenta una resistencia media con un pico máximo de 164.83 MPa. Mientras que, la probeta dos (línea café) presenta una resistencia baja con un pico máximo de 291.36 MPa.

Aplicado la película impermeable

En este ensayo se pusieron a prueba 3 probetas para el ensayo de flexión.

Tabla 21.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con cascarilla de arroz con película impermeable.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	flexion cascarrilla.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	1/8/2024	Fecha de ensayo	1/8/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max_Fuerza	Max_Tension	Max_Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1_1	0.16779	6.01610	2.70529	4.13741
1_2	0.10075	5.92073	2.02604	3.44073
1_3	0.10813	4.93527	1.55377	4.16076

Nombre	Max_Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1_1	2.48487	--	--	--
1_2	2.36886	--	--	--
1_3	2.98649	--	--	--

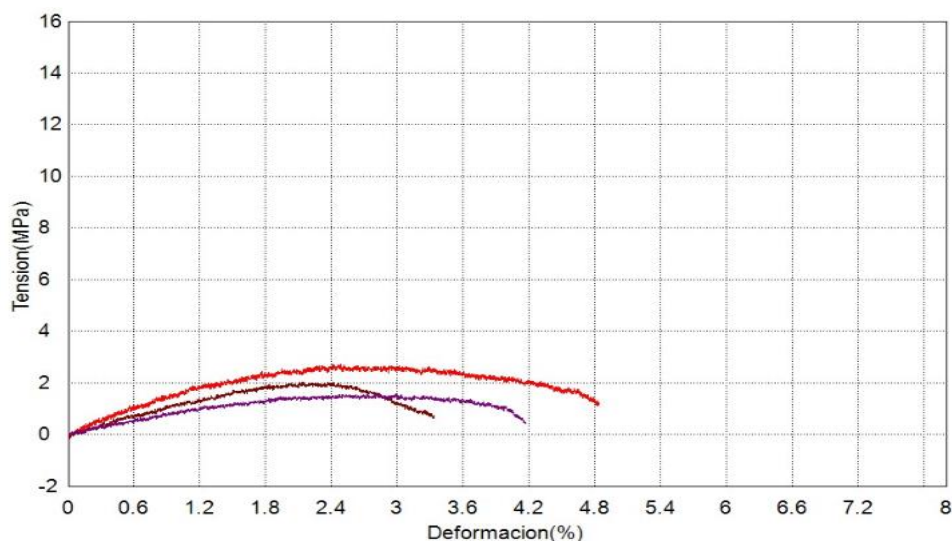


Figura 35.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación cascarilla de arroz con película impermeable.

Comentario

En la figura 35, se observa que, los resultados de la probeta tres (línea lila) presenta una resistencia superior con un pico máximo de 2.71 MPa. La probeta uno (línea roja) presenta una resistencia media con un pico máximo de 2.03 MPa. Mientras que, la probeta dos (línea café) presenta una resistencia baja con un pico máximo de 1.55 MPa.

Bagazo de Caña de Azúcar

En este ensayo se pusieron a prueba 3 probetas para el ensayo de flexión.

Tabla 22.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con caña de azúcar.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	flexion.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	12/18/2023	Fecha de ensayo	12/18/2023
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	1mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max_Fuerza	Max_Tension	Max_Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1_1	5825.48	3.87033	182.850	3.41001
1_2	361.795	1.82788	86.3563	3.86826
1_3	331.036	5.01474	236.917	3.82407

Nombre	Max_Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1_1	0.19981	--	--	--
1_2	0.22666	--	--	--
1_3	0.22407	--	--	--

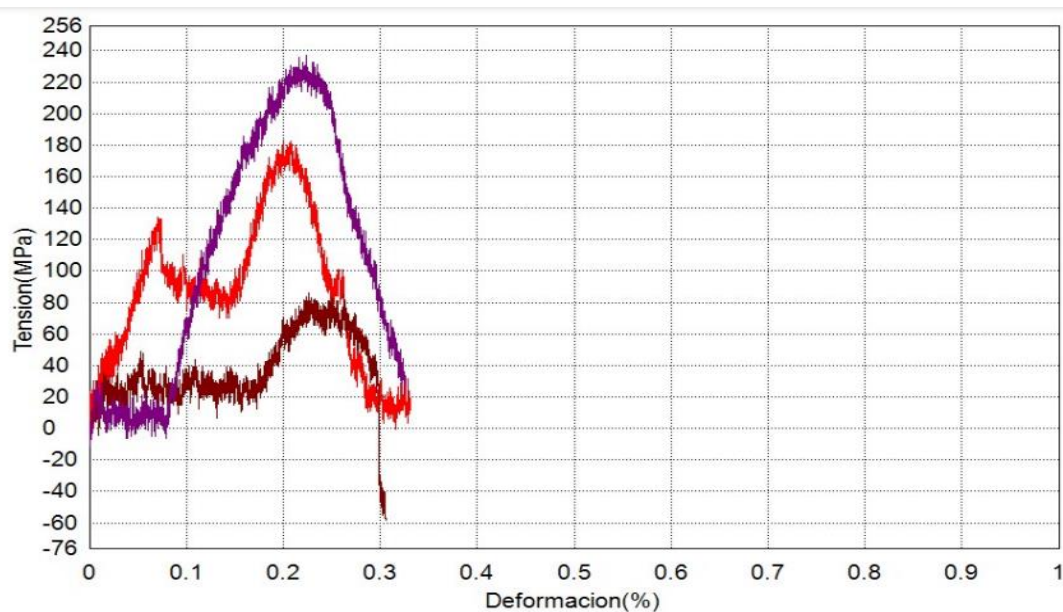


Figura 36.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación caña de azúcar.

Comentario

En la figura 36, se observa que, los resultados de la probeta tres (línea lila) presenta una resistencia superior con un pico máximo de 182.85 MPa. La probeta uno (línea roja) presenta una resistencia media con un pico máximo de 86.36 MPa. Mientras que, la probeta dos (línea café) presenta una resistencia baja con un pico máximo de 236.92 MPa.

Aplicado la película impermeable

En este ensayo se pusieron a prueba 3 probetas para el ensayo de flexión.

Tabla 23.- Resultados de prueba a flexión para vajilla desarrollada con caña de azúcar con película impermeable.

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	flexion vagazo.xtas	Nombre de metodo de ensayo	flexion 3 puntos.xmas
Fecha de informe	1/8/2024	Fecha de ensayo	1/8/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión 3 ptos.
Velocidad	5mm/min	Forma	Plana
N°de partidas:	1	N°de muestras:	3

Nombre	Elastico_Devided	Max_Fuerza	Max_Tension	Max_Desplazamiento
Parametros	10 Intervalos:	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	GPa	N	MPa	mm
1_1	0.09190	1.69277	0.60471	8.76575
1_2	0.04871	1.24772	0.40936	6.57325
1_3	0.06611	1.71661	0.54044	8.05242

Nombre	Max_Deformacion	Rotura_Fuerza	Rotura_Tension	Rotura_Desplazamiento
Parametros	Calc. at Entire Areas	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	%	N	MPa	mm
1_1	5.90661	--	--	--
1_2	4.62182	--	--	--
1_3	5.77981	--	--	--

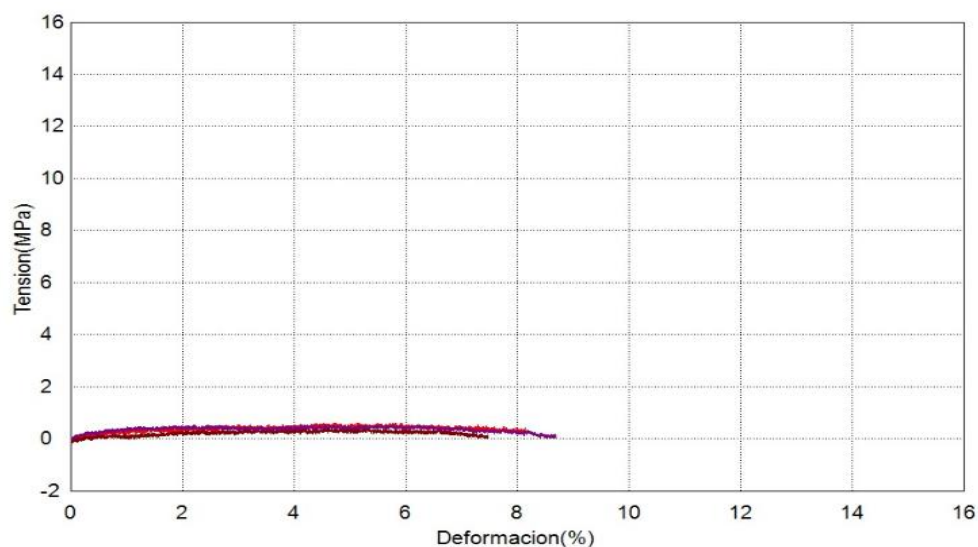


Figura 37.- Resultados de prueba a flexión tensión vs deformación caña de azúcar con película impermeable.

Comentario

En la figura 37, se observa que, los resultados de la probeta tres (línea lila) presenta una resistencia superior con un pico máximo de 0.61 MPa. La probeta uno (línea roja) presenta una resistencia media con un pico máximo de 0.41 MPa. Mientras que, la probeta dos (línea café) presenta una resistencia baja con un pico máximo de 0.54 MPa.

3.5.2. Ensayo de Impacto

Estos ensayos se realizaron a partir de la norma ASTM D 5628 – 96; su desarrollo fue efectuado en el laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica en el taller de soldadura. Su aplicación fue abordada por medio de dardos para calibración y testeo.



Figura 38.- Máquina de Impacto.

De la manera acotada con antelación, se usó un dardo para biopolímeros que en la norma destaca que se debe usar el dardo FE el cual tiene un peso de 231 gramos y en el caso de requerirse, puede adecuarse unos anillos que aumentan su peso según el material que se ensaya.



Figura 39.- Dardo FE de 231 gr, y anillos con masa equivalente.

Después se colocan las probetas a ser analizadas en la máquina de impacto para determinar y calcular la altura al que el dardo debe caer.



Figura 40.- Cálculo de la altura del dardo (calibración).

Por último, se acciona la máquina para dejar caer el dardo y de esta manera evidenciar el impacto que tiene el dardo al entrar en contacto con las probetas.



Figura 41.- Accionamiento de la máquina para crear el impacto del dardo con la probeta.

A continuación, en la tabla 16 se detalla todos los ensayos aplicados a las probetas que se obtuvieron de los platos comerciales biodegradables y plásticos, a la par de los platos fabricados con material biodegradable.

Energía Potencial Gravitatoria

Para determinar la energía con la que resiste el impacto aquellos platos fabricados con material biodegradable se analiza los resultados y se aplica la fórmula de energía potencial gravitacional.





$$E_{PG} = m * g * h$$


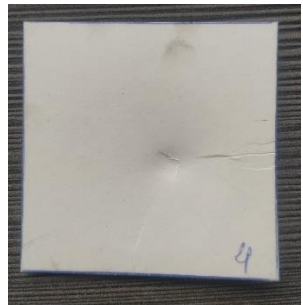
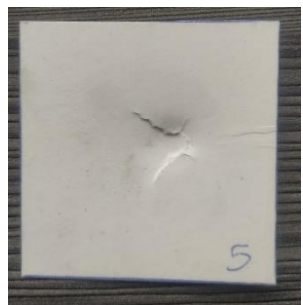
$$m = 231 \text{ gramos, (peso del dardo)}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

A continuación, se detalla los resultados obtenidos del ensayo de impacto:

Tabla 24.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Dream Pack.

Plato Biodegradable Dream Pack		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	20 cm (calibración)	
7	10 cm (calibración)	
1	5 cm	
2	10 cm	

Plato Biodegradable Dream Pack		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
3	7,5 cm	
4	12,5 cm	
5	15 cm	

Comentario

En el Plato Biodegradable Dream Pack la prueba denota que la probeta 5 a 15 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 453,22 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma únicamente la probeta 4 que tiene una altura de 12,5 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,125 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 283,26 \text{ J} \rightarrow 62,5\%$$


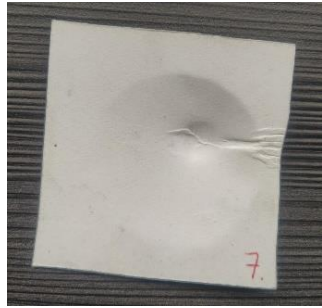

En referencia se toma únicamente la probeta 5 que tiene una altura de 15 cm





$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,15 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 339,92 \text{ J} \rightarrow 88,2\%$$

Tabla 25.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Darnels Naturals.

Plato Biodegradable Darnels Naturals		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	10 cm (calibración)	
7	20 cm (calibración)	
1	5 cm	

Plato Biodegradable Darnels Naturals		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
2	10 cm	
3	15 cm	
4	20 cm	
5	25 cm	

Comentario

Como se observa en el Plato Biodegradable Darnels Naturals la prueba denota que la probeta 5 a 25 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,25 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 566,53 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 4 que tiene una altura de 20 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 453,22 \text{ J} \rightarrow 79,9\%$$



En referencia se toma la probeta 5 que tiene una altura de 25 cm

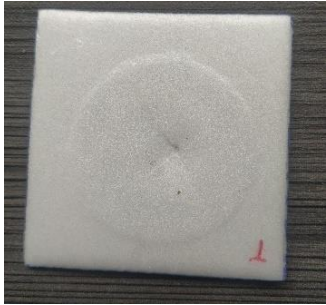
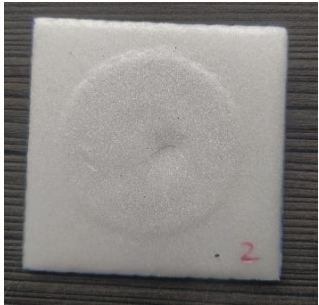
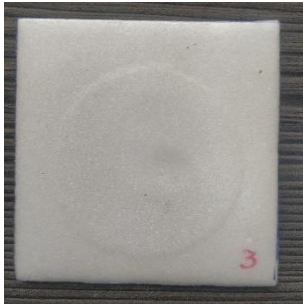


$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,25 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 566,53 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

Tabla 26.-Ensayo de impacto en el plato plástico.

Plato Plástico		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	20 cm (calibración)	
7	10 cm (calibración)	

Plato Plástico		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
1	2,5 cm	
2	2 cm	
3	1 cm	
4	4 cm	
5	3 cm	

Comentario

El Plato plástico indica en la prueba que la probeta 6 a 20 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 453,22 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta de calibración 6 que tiene una altura de 20 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 453,22 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta de calibración 7 que tiene una altura de 10 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 231 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,1 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 226,61 \text{ J} \rightarrow 50\%$$





Para los materiales fabricados en este trabajo experimental la masa del dardo aumenta a 407 gramos como se muestra a continuación:




$$E_{PG} = m * g * h$$

$$m = 407 \text{ gramos, (peso del dardo con masa agregada)}$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Tabla 27.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua.

Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	10 cm (calibración)	
7	20 cm (calibración)	
1	5 cm	
2	2,5 cm	

Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
3	7,5 cm	
4	10 cm	
5	12,5 cm	

Comentario

El Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua indica en la prueba que de la probeta 5 a 12,5 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 798,53 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 4 que tiene una altura de 10 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,1 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 399,27 \text{ J} \rightarrow 50\%$$


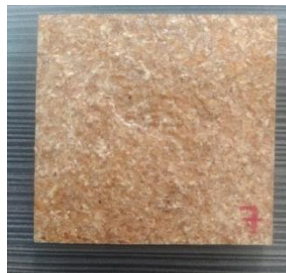
En referencia se toma la probeta 5 que tiene una altura de 12,5 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,125 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 499,08 \text{ J} \rightarrow 62,5\%$$

Tabla 28.- Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable.

Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	10 cm (calibración)	
7	20 cm (calibración)	
1	5 cm	

Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
		
2	2,5 cm	
3	7,5 cm	
4	10 cm	

Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
5	12,5 cm	

Comentario

El Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable indica en la prueba que de la probeta 1 a 5 cm y la probeta 3 a 7.5 cm de la profundidad de golpe no permite que exista fisura.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 798,53 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 1 que tiene una altura de 5 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,05 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 199,63 \text{ J} \rightarrow 24,9\%$$





En referencia se toma la probeta 3 que tiene una altura de 7,5 cm




$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,075 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 299,45 \text{ J} \rightarrow 37,5\%$$

Tabla 29.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua.

Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	10 cm (calibración)	
7	15 cm (calibración)	
1	2,5 cm	
2	5 cm	

Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
3	7,5 cm	
4	10 cm	
5	12,5 cm	

Comentario

El Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua indica en la prueba que de la probeta 5 a 12,5 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,15 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 598,91 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 4 que tiene una altura de 10 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,1 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 399,27 \text{ J} \rightarrow 66,7\%$$

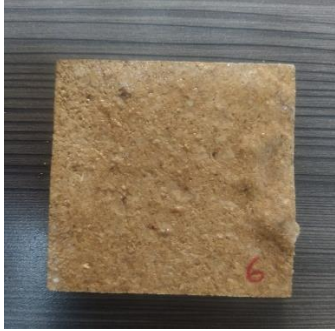
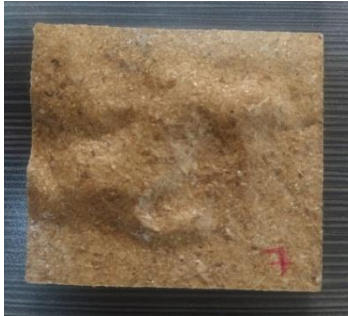
En referencia se toma la probeta 5 que tiene una altura de 12,5 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,125 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 499,08 \text{ J} \rightarrow 83,3\%$$

Tabla 30.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable.

Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable.		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	10 cm (calibración)	
7	15 cm (calibración)	

Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable.

Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
1	2,5 cm	
2	5 cm	
3	7,5 cm	
4	10 cm	

Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable.		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
5	12,5 cm	

Comentario

El Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable indica en la prueba que de la probeta 5 a 12,5 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,15 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 598,91 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 3 que tiene una altura de 7,5 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,075 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 299,45 \text{ J} \rightarrow 49,9\%$$





En referencia se toma la probeta 5 que tiene una altura de 12,5 cm




$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,125 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 499,08 \text{ J} \rightarrow 83,3\%$$

Tabla 31.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua.

Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	20 cm (calibración)	
7	30 cm (calibración)	
1	30 cm	
2	25 cm	

Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
3	20 cm	
4	15 cm	
5	10 cm	

Comentario

El Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua indica en la prueba que de la probeta 4 a 15 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fisure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,3 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 1197,81 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 4 que tiene una altura de 15 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,15 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 598,91 \text{ J} \rightarrow 50\%$$


En referencia se toma la probeta 5 que tiene una altura de 10 cm



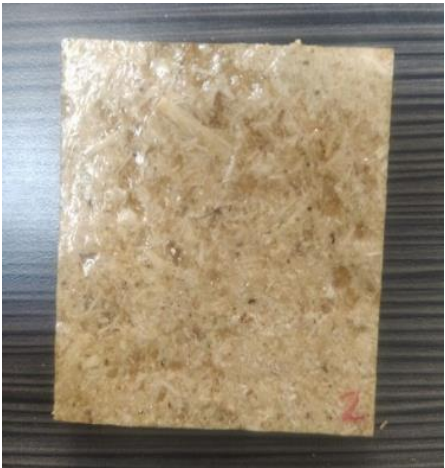
$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,1 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 399,27 \text{ J} \rightarrow 33,3\%$$

Tabla 32.-Ensayo de impacto en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable.

Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
6	20 cm (calibración)	

Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
7	30 cm (calibración)	
1	20 cm	
2	18 cm	

Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable		
Número de Probeta	Altura del dardo	Imagen
3	15 cm	
4	10 cm	
5	5 cm	

Comentario

El Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable indica en la prueba que de la probeta 1 a 20 cm de la profundidad de golpe permite que esta se fissure.

El detalle porcentual se lo toma desde el valor más alto que fisuro la probeta del material como el 100% de resistencia al impacto, tomando así los valores próximos a la fisura del material para comparar su porcentaje.

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,3 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 1197,81 \text{ J} \rightarrow 100\%$$

En referencia se toma la probeta 1 que tiene una altura de 20 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,2 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 798,53 \text{ J} \rightarrow 66,7\%$$

En referencia se toma la probeta 3 que tiene una altura de 15 cm

$$E_{PG} = m * g * h$$

$$E_{PG} = 407 \text{ gr} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,15 \text{ m}$$

$$E_{PG} = 598,91 \text{ J} \rightarrow 50\%$$



Figura 42.- Probetas sometidas al ensayo de impacto.

Comentario

Se concluye que, según la norma, el Plato Biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua indica en la prueba una mayor profundidad de golpe para que esta se fisure, por lo que se la considera la mayormente factible con relación al ensayo de impacto.

A continuación, se muestra una comparación de los materiales, demostrando así con los ensayos que el material menos resistente es el bagazo de caña de azúcar antes de la aplicación de la película impermeable



Figura 43.- Comparación de los materiales sin película impermeable.

También se muestra una comparación de los materiales que se obtuvieron después de la aplicación de la película impermeable, demostrando así que la impermeabilización del plato puede mejorar la calidad del producto, sin embargo, no varía la resistencia de los mismo al ser comparados. Demostrando así que el plato fabricado con bagazo de caña de azúcar es menos resistente.



Figura 44.- Comparación de los materiales con película impermeable.

Una vez que el material fue aplicado una película impermeable muestra más resistencia, sin embargo, el plato fabricado con bagazo de caña de azúcar sigue mostrando una resistencia inferior a los demás materiales ensayados.

3.5.3. Ensayo de Dureza

En este ensayo se toma en referencia el ensayo de dureza shore d; en esta se emplearon los platos fabricados con material biodegradable y con la ayuda de un instrumento que mide la dureza en cualquier punto se efectuaron 5 mediciones en distintos puntos de dureza. Este instrumento es conocido como durómetro.

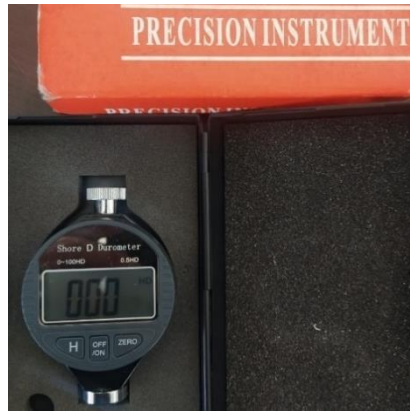



Figura 45.- Instrumento de precisión. Durómetro.





Con este instrumento de precisión tan solo colocamos en 5 puntos diferentes del plato para poder medir su dureza como se muestra a continuación.



Figura 46.- Toma de medidas con el durómetro en los platos.

Tabla 33.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Dream Pack de 7 in.




Plato Biodegradable Dream Pack		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	52,5 HD	



Plato Biodegradable Dream Pack		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
2	51,5 HD	
3	52 HD	
4	51,5 HD	
5	52,5 HD	

Comentario

Para la probeta 1 del plato Biodegradable Dream Pack, la dureza fue de 52,5HD, para el caso de la probeta dos fue de 51,5 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 52HD, mientras que, en la 4 fue de 51,5HD y en la probeta 5 fue de 52,5HD, donde la máxima fue de 52,5HD y la mínima de 51,5HD.

Tabla 34.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Darnels Naturals de 7 in.


Plato Biodegradable Darnels Naturals		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	65 HD	
2	64,5 HD	
3	64 HD	





Plato Biodegradable Darnels Naturals		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
4	66,5 HD	
5	64,5 HD	

Comentario

Para la probeta 1 del Plato Biodegradable Darnels Naturals, la dureza fue de 64 HD, para el caso de la probeta dos fue de 64,5 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 64 HD, mientras que, en la 4 fue de 66,5HD y en la probeta 5 fue de 64,5HD, donde la máxima fue de 66,5 HD y la mínima de 64 HD.

Tabla 35.-Ensayo de dureza en el plato plástico de 7 in.




Plato Plástico		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	12,5 HD	



Plato Plástico		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
2	18 HD	
3	18 HD	
4	16,5 HD	
5	10,5 HD	

Comentario

Para la probeta 1 que tiene como base material plástico, la dureza fue de 12,5 HD, para el caso de la probeta dos fue de 18HD, en la probeta 3, se mantuvo la dureza, mientras que, en la 4 fue de 16,5 HD y en la probeta 5 fue de 10,5HD, donde la máxima fue de 18HD y la mínima de 10,5HD.

Tabla 36.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua de 7 in.





Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	28,5 HD	
2	29,5 HD	
3	24,5 HD	


Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
4	34 HD	
5	29 HD	

Comentario

Para la probeta 1 del Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, la dureza fue de 28,5 HD, para el caso de la probeta dos fue de 29,5 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 24,5 HD, mientras que, en la 4 fue de 34 HD y en la probeta 5 fue de 29 HD, donde la máxima fue de 34 HD y la mínima de 24,5 HD. Las medidas de dureza varían por la microestructura del material al presentarse diferentes tamaños de granos.

Tabla 37.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua de 7 in con película impermeable.


Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable.		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	15.5 HD	
2	13 HD	
3	17 HD	
4	19 HD	





Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable.		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
5	21 HD	

Comentario

Para la probeta 1 del Plato Biodegradable de Salvado de trigo con almidón de papa y agua, con película impermeable la dureza fue de 15,5 HD, para el caso de la probeta dos fue de 13 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 17 HD, mientras que, en la 4 fue de 19 HD y en la probeta 5 fue de 21 HD, donde la máxima fue de 21 HD y la mínima de 13 HD. La variación de la dureza está determinada por el tratamiento térmico al que fue aplicado, afectando la dureza del material de manera no uniforme.

Tabla 38.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua de 7 in.




Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	40 HD	



Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
2	29 HD	
3	23,5 HD	
4	22,5 HD	
5	16,5 HD	

Comentario: Para la probeta 1 del Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, la dureza fue de 40 HD, para el caso de la probeta dos fue de 29

HD, en la probeta tres, la dureza fue de 23,5 HD, mientras que, en la 4 fue de 22,5 HD y en la probeta 5 fue de 16,5 HD, donde la máxima fue de 40 HD y la mínima de 16,5 HD. En este ensayo la variación de la dureza se determinó por el procesamiento del material, el cual fue sometido a un proceso de molido.





Tabla 39.- Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua de 7 in con película impermeable.


Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua con película impermeable		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	48 HD	
2	54 HD	
3	53.5 HD	

Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua con película impermeable		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
4	58 HD	
5	55 HD	

Comentario: Para la probeta 1 del Plato Biodegradable de Cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua, con película impermeable la dureza fue de 48 HD, para el caso de la probeta dos fue de 54 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 53.5 HD, mientras que, en la 4 fue de 58 HD y en la probeta 5 fue de 55 HD, donde la máxima fue de 58 HD y la mínima de 48 HD. La variación de la dureza está determinada por el tratamiento térmico al que fue aplicado, afectando la dureza del material de manera no uniforme.

Tabla 40.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua de 7 in.


Plato Biodegradable de Bagazo caña de azúcar con almidón de yuca y agua		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	36,5 HD	
2	30 HD	
3	48,5 HD	
4	46 HD	





Plato Biodegradable de Bagazo caña de azúcar con almidón de yuca y agua		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
5	56 HD	

Comentario

Para la probeta 1 del Plato Biodegradable de Bagazo caña de azúcar con almidón de yuca y agua, la dureza fue de 36,6 HD, para el caso de la probeta dos fue de 30 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 48,5 HD, mientras que, en la 4 fue de 46 HD y en la probeta 5 fue de 56 HD, donde la máxima fue de 56 HD y la mínima de 30 HD. La dureza en estos platos varia por la homogeneidad del material, ya que presenta uniformidad en sus fibras.

Tabla 41.-Ensayo de dureza en el plato biodegradable de Bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua de 7 in con película impermeable.

Plato Biodegradable de Bagazo caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
1	16.5 HD	

Plato Biodegradable de Bagazo caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable		
Número de Ensayos	Dureza en HD	Imagen
2	18.5 HD	
3	18 HD	
4	13.5 HD	
5	21 HD	

Comentario

Para la probeta 1 del Plato Biodegradable de Bagazo caña de azúcar con almidón de yuca y agua, con película impermeable la dureza fue de 16.5 HD, para el caso de la probeta dos fue de 18.5 HD, en la probeta tres, la dureza fue de 18 HD, mientras que, en la 4 fue de 13.5 HD y en la probeta 5 fue de 21 HD, donde la máxima fue de 21 HD y la mínima de 13.5 HD. La variación de la dureza está determinada por el tratamiento térmico al que fue aplicado, afectando la dureza del material de manera no uniforme.

A continuación, se plantea más detalle los valores de dureza de los diferentes tipos de platos biodegradables en una tabla que compara sus valores y demuestra su efectividad durante la aplicación del ensayo

Tabla 42.- Dureza Shore D en platos biodegradables nacionales e internacionales, y plásticos.

Dureza Shore D en HD			
N°	Dream Pack	Darnels Naturals	Plástico
1	52,5	65	12,5
2	51,5	64,5	18
3	52	64	18
4	51,5	66,5	16,5
5	52,5	64,5	10,5

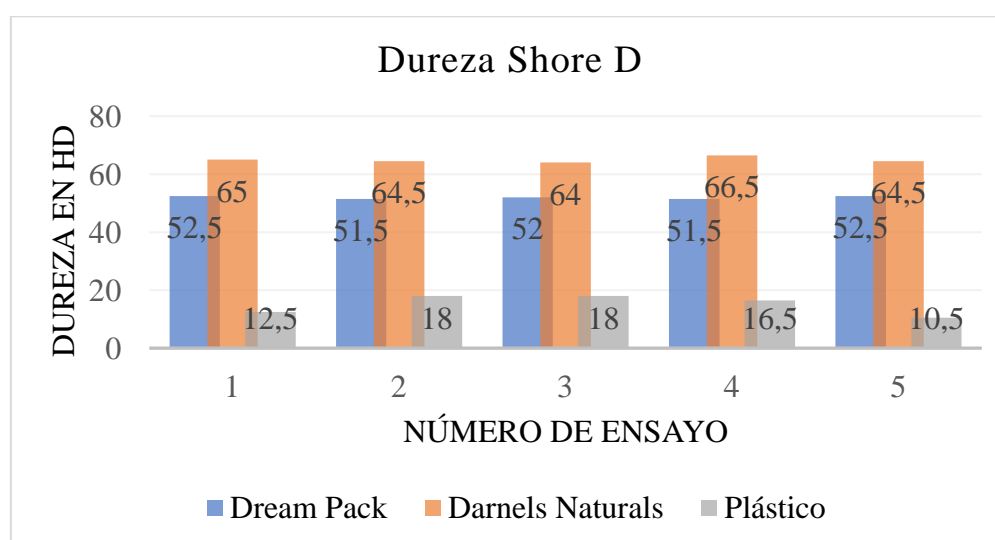


Figura 47.- Comparación de la dureza en platos biodegradables nacionales e internaciones y plásticos.

Como se demuestra en la figura la dureza tiene gran diferencia entre un plato biodegradables nacional e internacional con un plato de plástico común que se adquiere en una tienda.

De igual forma comparamos los platos fabricados con material biodegradable sin la aplicación de una película impermeable.

Tabla 43.- Dureza Shore D en platos biodegradables sin película impermeable.

Dureza Shore D en HD			
Nº	Salvado de Trigo	Cascarilla de Arroz	Bagazo de Caña de Azúcar
1	28,5	40	36,5
2	29,5	29	30
3	24,5	23,5	48,5
4	34	22,5	46
5	29	16,5	46

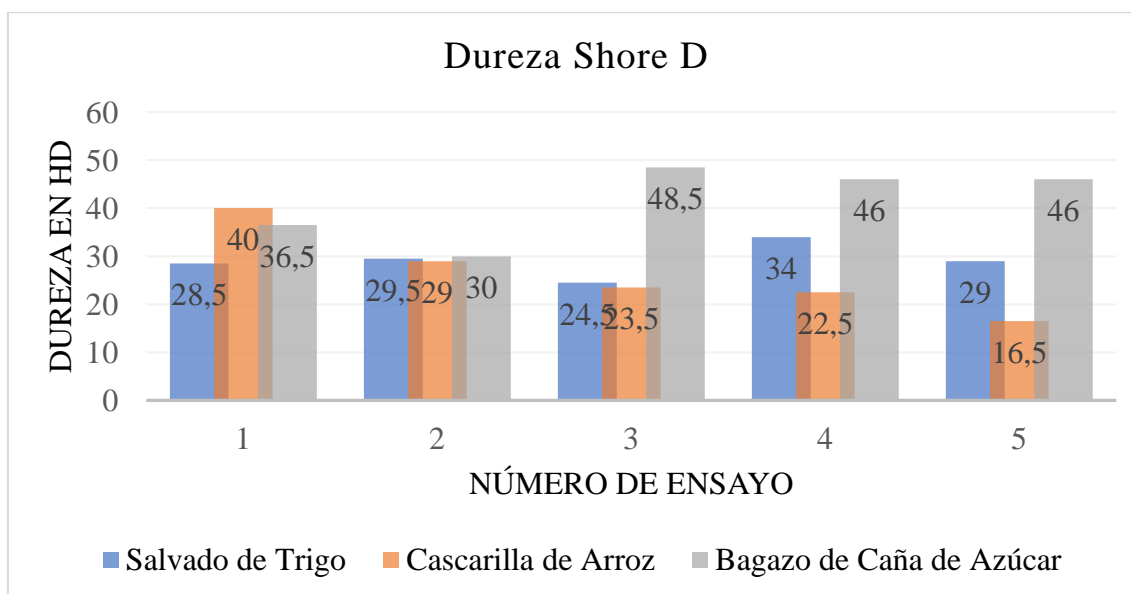


Figura 48.- Comparación de la dureza en platos biodegradables sin película impermeable.

Como se demuestra en la figura en este ensayo de dureza en el plato fabricado con salvado de trigo y cascarilla de arroz mantienen valores similares con pequeñas diferencias en sus medidas, mientras que el plato de bagazo tiene valores un poco más elevados en algunos ensayos.

De igual forma comparamos los platos fabricados con material biodegradable con la aplicación de una película impermeable.

Tabla 44.- Dureza Shore D en platos biodegradables con película impermeable.

Dureza Shore D en HD			
Nº	Salvado de Trigo	Cascarilla de Arroz	Bagazo de Caña de Azúcar
1	15,5	48	16,5
2	13	54	18,5
3	17	53,5	18
4	19	58	13,5
5	21	55	21

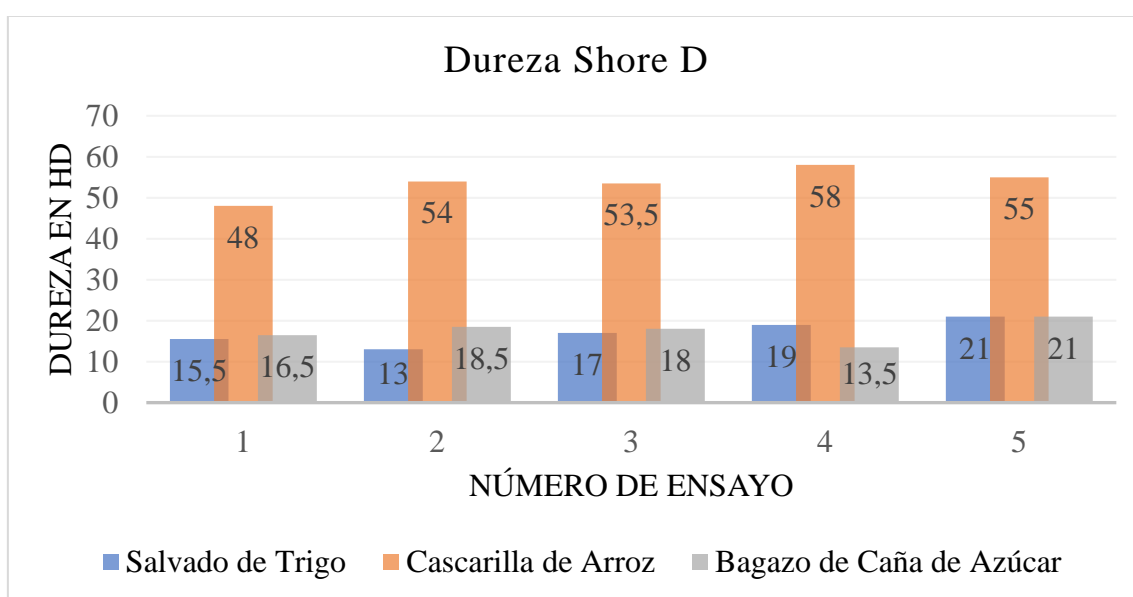


Figura 49.- Comparación de la dureza en platos biodegradables con película impermeable.

Como se demuestra en la figura el plato fabricado con cascarilla de arroz tiene una gran diferencia en la medida de dureza con respecto a los demás platos que mantienen valores similares en sus ensayos.

Después de un análisis del ensayo de dureza aplicado a todos los platos determinamos que la resistencia a la dureza más completo es el plato fabricado con cascarilla de arroz, seguido por el plato fabricado por salvado de trigo, y por último tenemos el plato fabricado con bagazo de caña de azúcar que mantiene una dureza firme pero no más resistente que los demás. Como se muestra a continuación:

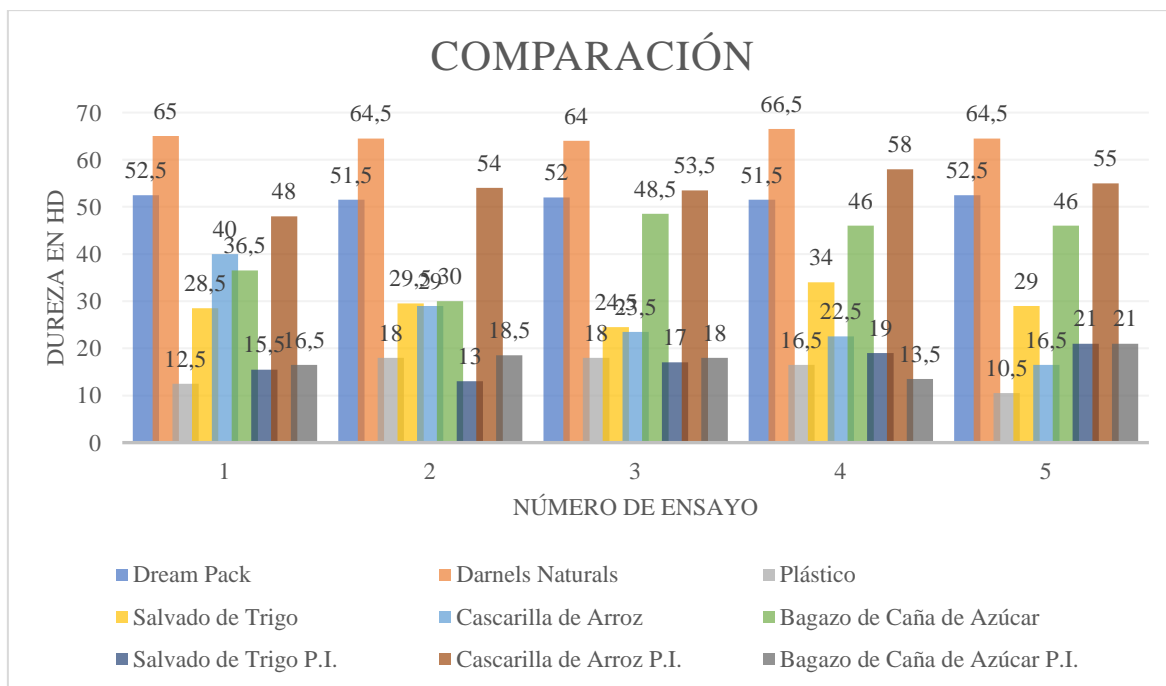


Figura 50.- Comparación de la dureza de los platos.

Nota: P.I. = Película Impermeable

En la figura se demuestra la comparación de todos los platos ensayados en este trabajo experimental, determinando que el plato biodegradable internacional es el de mayor dureza que los demás, por otro lado, los platos fabricados con el material biodegradable obtenido por los investigadores, demuestra que el plato fabricado con cascarilla de arroz y almidón de maíz es el más resistente al ensayo de dureza, mientras que el plato de bagazo de caña de azúcar es el menos resistente.

3.5.3.1. Estándares de análisis a considerar

Parámetros nacionales e internacionales de materiales biodegradables

Para norma internacional

En este aspecto se trabajó con los parámetros que presenta la empresa Darnels Naturals, pues se categoriza en brindar producto de exportación a nivel europeo y desde luego debe respetar varios niveles de producción antes de enviar sus productos al mercado. Como base de investigación se tomó como base plato 7” con código RPN2120750. Dentro de los parámetros más importantes tenemos:

1. Dimensión

El plato es de 7”, es decir mide 18 cm de diámetro.

2. Composición

Producto es totalmente compostable, por lo que es capaz de descomponerse por sí solo de forma natural, para que así no se genere residuos que sean perjudiciales.

3. Material

El producto es fabricado con material biodegradable.

4. Resistencia

Resistente a la grasa y alimentos secos fríos y calientes.



Código	Referencia	Bolsa	Peso
A	○RPN2120650 Plato 6"	1.000 ud / Paq x 20 ud	6,7 kg
B	○RPN2120750 Plato 7"	1.000 ud / Paq x 20 ud	8,7 kg
C	○RPN2120924 Plato 9"	480 ud / Paq x 20 ud	7,9 kg
D	○RPN2121024 Plato 10"	480 ud / Paq x 20 ud	10,3 kg
E	○RPN21231024 Plato 10" - 3 Divisiones	480 ud / Paq x 20 ud	10,8 kg

Figura 51.- Dimensión del plato de 7" de Darnels Naturals [53].

Para norma Nacional

Para el caso de normativa nacional tenemos la empresa Dream Pack ya que es una empresa que presta servicio nacional por ende es confiable trabajar con los parámetros que posee sus productos como en este caso trabaja con la norma ISO 14855-1/ EN 13432:2000 [67]. El ensayo se considera válido si [67] [44]:

1. Biodegradabilidad

El grado de biodegradación del material de referencia es más del 70 % después de 45 días.

2. Porcentaje de referencia a la biodegradabilidad

La diferencia entre el porcentaje de biodegradación del material de referencia en los recipientes de compostaje es menor del 20 % al final del ensayo.



3.6. Prueba de biodegradabilidad

Según los requisitos denotados en el apartado 2.4.2. para que un material sea considerado biodegradable: la norma EN 13432 [44]:

- Posee la capacidad de descomponerse un 90% en un término de 6 meses en un ambiente rico en dióxido de carbono.
- Por otro lado, si el material es únicamente orgánico es fundamental la desfragmentación del 90% en fragmentos de inferiores a 2 mm en alrededor de 3 meses (aspecto tomado de la norma internacional EN 14045).
- Por último, pero no menos importante el efecto de la descomposición no debe ser perjudicial en ningún sentido al ambiente en el cual reposa. Adicionalmente el procedimiento para lograr este aspecto pudo ser desarrollado bajo la lluvia y el sol hasta que su completa desaparición.

Salvado de Trigo

Tabla 45.-Ensayo de Biodegradabilidad en el plato de salvado de trigo con almidón de papa y agua.

Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
0 minutos	El plato se encuentra en excelente estado y se encuentra sumergido en agua cubierta hasta los bordes del plato.	
30 minutos	Se puede observar que el plato comenzó a partirse perdiendo así su forma del plato.	





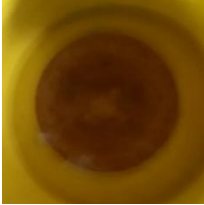

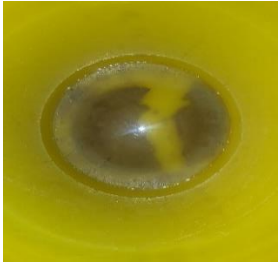
Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
50 minutos	Se puede observar que el plato aún sigue fisurándose.	
3 días	Se puede observar que el plato empieza a deshacerse.	

Tabla 46.- Ensayo de biodegradabilidad exhibido al aire libre en el plato de salvado de trigo con almidón de papa y agua.

Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
0 días	Se puede observar el plato que se encuentra al 100% en su estado sólido.	
5 días	Este plato tuvo presencia de los diferentes cambios climáticos, se puede observar como el plato ha ido perdiendo su forma solida a tan punto de irse desintegrándose.	


Cascarilla de Arroz

Tabla 47.-Ensayo de Biodegradabilidad en el plato de cascarilla de arroz con almidón de maíz y agua.

Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
0	El plato se encuentra en excelente estado	
50 minutos	Se puede observar que lentamente el plato sigue perdiendo su forma sólida.	
3 días	Se puede observar que el plato comenzó a desintegrarse.	

Bagazo de Caña de Azúcar

Tabla 48.-Ensayo de Biodegradabilidad en el plato de bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua.

Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
0	El plato se encuentra en excelente estado	







Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
30 minutos	Se puede observar cómo comienza a fisurarse.	
50 minutos	A simple vista no se puede observar que el plato grandes fisuras, sin embargo, el plato a perdido su rigidez y tienes fisuras que ya hecho que el plato pierda su forma sólida.	
3 días	Se puede observar en la imagen de la arriba el plato empezó a tener gran porcentaje de desintegración además que cambiar la coloración del agua. Y se puede observar en la imagen de la abajo las divisiones del plato que aún siguen desintegrándose.	 

Tabla 49.-Ensayo de biodegradabilidad exhibido al aire libre en el plato de bagazo de caña de azúcar con almidón de yuca y agua.

Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
0 días	Se puede observar el plato que se encuentra al 100% en su estado sólido.	

Tiempo	Descripción	Evolución en Imágenes
5 días	Este plato tuvo presencia de los diferentes cambios climáticos, se puede observar como el plato ha comenzado a perder rigidez en su forma a tal evolución que lo lleva a irse desintegrándose.	

Comentario:

Es importante resaltar que cada uno de los materiales empieza una degradación pronunciada a partir del día tres por ende se infiere que con base en los requerimientos de la norma y los estándares a cumplir; el plato estará totalmente descompuesto para el día 45.

3.7. Validación de la hipótesis

La hipótesis planteada por los investigadores fue aceptada mientras la hipótesis nula fue rechazada, esta aseveración es tomada a consideración según los resultados del estudio ya que los materiales de salvado de trigo, cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar según las proporciones de 50gr del material, 50gr del almidón, 50ml de agua, a una temperatura de 215 °F, a la presión de 8 bares y en un tiempo de prensado de 40s nos dio una mezcla homogénea y eficaz para la utilización de platos desechables.

Para su verificación se utilizará el modelo de T Student el cual permitirá determinar si existe o no diferencia entre las dos variables, por lo tanto, se determinará si cumple o no.

Hipótesis:

La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

Variable Dependiente

La vajilla desechable depende de las características del material biodegradable como las propiedades físicas y mecánicas.

Variable Independiente

Materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante, es la variable que no se puede manipular y depende de si misma, ya que son los parámetros para dicho estudio.

Hipótesis nula H_0

La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas no permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

Hipótesis alternativa H_a

La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

Modelo matemático:

$$H_0 = Ra_{\text{sin película}} = Ra_{\text{con película}}$$

$$H_a = Ra_{\text{sin película}} \neq Ra_{\text{con película}}$$

Determinación del nivel de significancia:

Para la selección del nivel de confianza se tomó el valor del 50%; con esto queremos decir que el nivel de significancia corresponde al 50%, dándonos un valor de probabilidad P de 0,5.

Grados de libertad

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 15 + 15 - 2$$

$$v = 28$$

Donde:

$v \rightarrow$ número de grados de libertad

$n_1 \rightarrow$ número de muestra del ensayo de dureza sin película impermeable, (Tabla 36,38 y 40, número de ensayos realizados)

n_2 → número de muestra del ensayo de dureza con película impermeable (Tabla 37, 39 y 41, número de ensayos realizados)

Tabla 50.- Distribución de T Student [68].

	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321	318.309	636.619
2	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646

Se obtiene un valor de t tabulado del 0,683.

Cálculo de la distribución T de Student del sistema sin película impermeable y con película impermeable.

Tabla 51.- Valores estadísticos.

Nº	Sin Película Impermeable	Con Película Impermeable
1	28,5	15,5
2	29,5	13
3	24,5	17
4	34	19

Nº	Sin Película Impermeable	Con Película Impermeable
5	29	21
6	40	48
7	29	54
8	23,5	53,5
9	22,5	58
10	16,5	55
11	36,5	16,5
12	30	18,5
13	48,5	18
14	46	13,5
15	46	21
Media μ	32,27	29,43

Nota: Valores tomados de la tabla 36 a la tabla 41, correspondientes al ensayo de dureza.

$$S^2 = \frac{\sum(x - u_x)^2 + \sum(x - u_y)^2}{v}$$

Donde:

x → valor del conjunto de los datos obtenidos del ensayo de dureza sin película impermeable

y → valor del conjunto de los datos obtenidos del ensayo de dureza con película impermeable

v → número de grados de libertad

S^2 → varianza

$$S^2 = \frac{1250,93 + 4538,43}{28}$$

$$S^2 = 206,76$$

Para la obtención de la distribución t:

$$t = \frac{u_x - u_y}{\sqrt{\frac{S^2}{v} + \frac{S^2}{v}}}$$

Donde:

t viene siendo el valor obtenido en la distribución Student

$$t = \frac{32,27 - 29,43}{\sqrt{\frac{206,76}{28} + \frac{206,76}{28}}}$$

$$t = 0,739$$

$$t_{calculado} = 0,739 > t_{tabulado} = 0,683$$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa mientras, que la hipótesis nula es rechazada. Demostrando que el valor de t calculado es mayor que el t tabulado, cumpliendo la siguiente aseveración:

Ha: La utilización de materiales biodegradables combinados con un agente impermeabilizante natural en proporciones específicas permitirá la obtención de un material eficaz y ecológicamente sostenible para el uso en vajillas desechables.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez culminado el presente trabajo de investigación se puede efectuar las siguientes aseveraciones a manera de conclusiones.

4.1. Conclusiones

- A partir de los materiales; cascarilla de arroz, salvado de trigo y bagazo de caña de azúcar se obtuvieron satisfactoriamente vajillas desechables, al moldeo son perfectamente replicables, sobre todo, a partir de la cascarilla de arroz se obtuvo el mejor plato. Únicamente para el caso del bagazo, su capacidad de impermeabilidad es mínima, por ende, a este y a los demás platos se les aplicó una película impermeable de grado alimenticio. Por eso durante todo el desarrollo del presente trabajo se buscó la obtención de un material biodegradable impermeable.
- La determinación de los parámetros que deben cumplir los materiales biodegradables impermeables destinado al uso en vajillas desechables son: dimensión, composición, material, resistencia y biodegradabilidad, tal es el caso de una pérdida en su estructura del 70% en alrededor de los 45 días. Estos parámetros representan un paso fundamental hacia la promoción de prácticas más sostenibles en la industria de productos desechables. La identificación y aplicación de estándares adecuados no solo garantizarán la biodegradabilidad de estos materiales, sino que también contribuirán a mitigar el impacto ambiental asociado con la eliminación de estos productos.
- Gracias al uso del software SolidWorks se analizó el comportamiento del plato aplicada a una fuerza máxima obtenida de los ensayos realizados. El desarrollo del producto y/o plato fue validado por medio de un análisis CAD de índole estática con el propósito de verificar su deformación unitaria y el desplazamiento del fondo del plato con respecto al peso a soportar. Demostrando así que, que los platos pueden soportar la carga sin mayor dificultad.
- En lo que respecta a la elaboración de probetas se efectuaron ensayos de dureza shore d, flexión e impacto. Estableciendo que, en el caso del plato sin aplicación de la película impermeable, se demuestra que los dos platos fabricados el uno con salvado de trigo y el otro con cascarilla de arroz tienen una mayor resistencia al del plato fabricado con bagazo de caña de azúcar. En otra instancia, después que los platos fueron sometidos a la aplicación de la película impermeable,

demonstraron que el plato de cascarilla de arroz tuvo mejores resultados en los ensayos.

4.2. Recomendaciones

- Es bastante recomendable fabricar platos a partir de una composición totalmente estructurada con material biodegradable y que estos platos pasen por un proceso de impermeabilización que no afecte a su característica de biodegradación. Primordialmente si la vajilla desechable requiere de un uso de cualquier tipo de líquido, al igual que alimentos secos fríos y calientes.
- Una recomendación es determinar los parámetros que deben cumplir los materiales biodegradables impermeables en vajillas desechables es establecer una colaboración con expertos en normativas ambientales. Además, este enfoque colaborativo permitirá una integración más efectiva de los parámetros normativos en el diseño y desarrollo de los materiales biodegradables, asegurando así que las vajillas desechables cumplan con los estándares nacionales e internacionales.
- Es recomendable evaluar materiales que cumplan con los parámetros identificados para la construcción de vajillas desechables, al realizar una combinación estratégica de simulaciones por software y experimentos prácticos. Utilizar ambas metodologías proporcionará una validación más integral de la idoneidad de los materiales seleccionados.
- Se recomienda seguir un enfoque sistemático y representativo en el proceso de elaboración y evaluación de probetas. La representatividad de las probetas se logra seleccionando dimensiones y características que reflejen el uso real en vajillas desechables. Las pruebas deben realizarse en condiciones realistas que simulen el entorno habitual de las vajillas desechables. Se destaca la importancia de llevar un registro detallado de todo el proceso, desde la fabricación de las probetas hasta los resultados de las pruebas, para respaldar la validación de los resultados y demostrar la conformidad con los estándares establecidos.

REFERENCIAS

- [1] H. Zhang y S. Sablani, «Biodegradable packaging reinforced with plant-based food waste and by-products,» *Current Opinion in Food Science*, pp. 61-68, 2021.
- [2] H. Piza, S. Rolando , C. Ramirez, S. Villanueva y A. Zapata, Anàlisis experimental de la elaboraciòn de bioplàstico a partir de la càscara de plàtano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Piura: Universidad de Piura, 2017.
- [3] P. Gumanquispe y A. Pardo, «Diseño y construcción de una máquina para producir platos con materila biodegradable para el laboratorio de materiales de la FICM-UTA,» UTA, Ambato, 2023.
- [4] R. Álvarez, «Contaminación por microplásticos,» *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, vol. LXXIII, nº 2, pp. 1-96, 2022.
- [5] S. Aguiar, M. Enriquez y H. Uvidia, «Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento,» PUCE, Ibarra, 2022.
- [6] B. Toaquiza, «Diseño y desarrollo de prototipo de platos desechables biodegradables a base de residuos de cosecha y descascarado del arroz,» UCE, Quito, 2022.
- [7] J. López, J. Pomaquero y J. López, «Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba,» *Polo del conocimiento*, vol. V, nº 12, pp. 725-742, 2020.
- [8] H. Boll, «Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México,» *Boell*, vol. I, nº 3, pp. 1-12, 2021.
- [9] Y. d. P. Casas, L. Fuquen, D. Ramírez y A. Gómez, «Avances en biotecnología ambiental,» *Universidad de Boyacá*, vol. 4, nº 2, 2022.

- [10] CIEL, «el plástico es una crisis mundial de salud que pasa desapercibida a la vista de todo el mundo,» *Plastic-Health-Spanish*, vol. I, nº 1, pp. 1-4, 2021.
- [11] E. Daza, T. Atacker y R. Lizano, «Cambio climático, biodiversidad y sistemas agroalimentarios: Avances y retos a 10 años de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en Ecuador,» *Abya-Yala*, vol. I, nº 2, p. 296, 2020.
- [12] DMQ, «Análisis a la Ordenanza Metropolitana Reformativa del Capítulo II, Título I, Libro IV.3 del Código Municipal, que incorpora la Sección VII “Para la reducción progresiva de plásticos de un solo uso y el fomento al desarrollo de sustitutos reutilizableS,» DMQ, Quito, 2020.
- [13] P. Moreno, Estudio de la biodegradabilidad y compostabilidad de los diferentes plásticos., Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2020.
- [14] R. Prieto, «Contaminación ambiental por plásticos durante la pandemia y sus efectos en la salud humana,» *Rev Colomb*, vol. I, nº 1, pp. 22-29, 2023.
- [15] D. Albán y A. Jiménez, Construcción de un prototipo de termo formador matricial para la elaboración de vajilla desechable biodegradable en base a hojas de achira *Canna Indica L.*, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019.
- [16] D. García, Manejo de residuos domiciliarios y nivel socioeconómico en pobladores del distrito de Mito, Concepcion, Junin 2022, Trujillo: Universidad César Vallejo, 2023.
- [17] F. Hurtado, Análisis de la producción de residuos y posterior valorización de residuos orgánicos mediante la técnica de compostaje en la Universidad Miguel Hernández de Elche, Universidad Miguel Hernández de Elche, 2023.
- [18] E. Cutti, Influencia del compostaje mejorado en la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la Granja Montefino, Ayacucho: Universidad Continental, 2022.

- [19] C. López y German López, Elaboración de combustible para vehículos de combustión interna a partir de las botellas plásticas recicladas de polietileno tereftalato, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2022.
- [20] B. Alfaro y G. Kelly, «Elaboración de Plástico Biodegradable a Partir de Almidón de Bambú (*Guadua angustifolia*) y *Cynodon Dactylon*, 2019,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2019.
- [21] A. Avalos y I. Torres, Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz, Piura: Universidad de Piura, 2018.
- [22] M. Baquero, «Contaminación Ambiental y Desechos Sólidos: Reutilización de desechos sólidos de la ciudad de Quito en la producción de un producto utilitario,» 1-122, Quito, 2006.
- [23] E. Camacho, «El estudio de los residuos y su gestión en el aula de biología y geología,» Universidad de Jaén , Jaén , 2019.
- [24] L. Lopez, «Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial,» *in Revista Informador Técnico*, pp. 1-12, 2023.
- [25] B. Celia, «Análisis comparativo de desempeño ambiental entre poliestireno HIPS y poliestireno GPPS. Estudio de caso de Petrobras Planta Zárate,» Universidad Nacional de Lujan, Lujan, 2015.
- [26] W. Mosquera, «Procesos químicos,» UNAD, Bogotá, 2011.
- [27] K. Arias, Hacia una gestión sustentable del agua en zonas urbanas, una perspectiva jurídica, Cuernavaca: UAEM - Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2023.
- [28] M. Salessi, La contribución del turismo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde el sector hotelero en la República Argentina, La Plata: Universidad Nacional de La Plata., 2021.

- [29] C. Rico y Romero Sandra, Estudio De Factibilidad Para La Producción Y Comercialización De Productos (Vajillas) Biodegradables Elaborados A Partir De La Celulosa De La Caña De Azúcar En El Municipio De Villeta Cundinamarca, Universidad de Cundinamarca, 2020.
- [30] A. Barrera, Plan de negocio para la comercialización de envases biodegradables y compostables con semillas de hierbas aromáticas, Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2023.
- [31] V. Caguana, Evaluación de la Achira (canna indica) para elaboración de Vajilla Desechable Biodegradable., Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.
- [32] Y. Cengel y A. Ghajar, «Transferencia De Calor y Masa,» McGraw-Hill Companies, 2011.
- [33] Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de Un Solo Uso, 2020: Registro Oficial.
- [34] A. Rimac, Bioplásticos, Lima: Universidad Científica del Sur, 2019.
- [35] E. Posada, Los bioplásticos como sustitutos de los plásticos de un solo uso en Colombia, Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2022.
- [36] C. Riofrio , C. Oviedo y D. Navarro, «Importacia de productos biodegradables en Ecuador,» *Observatorio de la economía latinoamericana*, pp. 1-9, 2019.
- [37] Y. Arana y M. Miranda, Análisis de la percepción del usuario en el uso de plásticos biodegradables en la zona norte de la ciudad de Guayaquil., Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2019.
- [38] L. CASTILLO, "Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019," Universidad Continental, 2020.

- [39] BIOZOYG, «<https://www.biozoyg.shop/>,» BIOZOYG, 18 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.biozoyg.shop/>. [Último acceso: 18 Octubre 2023].
- [40] P. BUENO, M. DÍAZ and F. CABRERA, "Factores que afectan al proceso de Compostaje," Universidad de Huelva, 2018.
- [41] M. DELGADO, K. LÓPEZ , M. Gonzáles and J. TADEO, "Assessment of the composting process of poultry manure using different mixtures of substrates," Revista Internacioinal de Contaminacion Ambiental, España, 2019.
- [42] A. Flores, «Ecoplatos fabricación de platos biodegradables a partir de residuos de la platanera,» Universidad de La Laguna, La Laguna, 2021.
- [43] J. Gonzáles, «Desarrollo de un polímero biodegradable a partir de almidón de semilla de ataco, *Amaranthus quitensis* L.,» Universidad Nacional Mayor de San Marcos , Lima, 2018.
- [44] NF EN 13432, «Requisitos para los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación,» 2000.
- [45] G. Ruiz, «Polímeros biodegradables a partir del almidón de Yuca,» Universidad EAFIT, Medellín, 2005.
- [46] J. Álvarez y L. Celis, «Revisión de estándares internacionales para la producción de plásticos oxo-biodegradables,» Fundación universidad de America, Bogotá, 2021.
- [47] G. Vargas , P. Martínez y C. Velesmoro , «Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación,» Scientia Agropecuaria, 2016.
- [48] M. Antonieta y P. Ricardo, «Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador,» *Universidad de los Andes* , pp. 69-78, 2018.

- [49] M. Neira y L. Giler , «Pet plastic bio-recycling machine: a viable venture. Azogues case – Ecuador,» *Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacín*, pp. 395-409, 2020.
- [50] C. Ibarra y R. Zurvera, «Utensilios biodegradables y compostables,» Universidad tecnológica nacional facultad regional de Rafael, Rafael, 2022.
- [51] J. Ochoa, «Examinandolademandadepásticosdurantelapandemia:Un enfoque factorial,» *RevistaEconómica*, pp. 104-117, 2023.
- [52] R. Prieto, «Environmental pollution by plastics during the pandemic and its effects on human health,» *Scielo*, pp. 22-29, 2023.
- [53] Darnel Naturals, «darnelgroup,» 01 08 2021. [En línea]. Available: <https://darnelgroup.com/es-ec/productos/portacomidas-de-pulpa-de-papel-darnel-naturals>. [Último acceso: 05 12 2023].
- [54] C. Parra, «Fuerzas Militares en la protección del medioambiente y en apoyo a la gobernanza ambiental en el Caquetá. Sistematización de la experiencia de la Burbuja Ambiental (2016-2019),» Pontificia Universidad Javeriana , Bogota, 2022.
- [55] L. Salgado, M. Subirá y L. Beltrán, «Consumo orgánico y conciencia ambiental de los consumidores,» *Problemas de Desarrollo*, vol. XL, nº 157, pp. 189-199, 2009.
- [56] E. Lizano, «Contaminación por microplásticos,» *Ciencia*, pp. 1-100, 2020.
- [57] R. Sampieri, «Métidología de la Investigación,» Mc Graw Hil, 2018.
- [58] ASTM E3, «Standar Practice for Preparation of Metallograph».
- [59] ISO 17088, «Plastics — Organic recycling —plastics,» 2021.
- [60] A. G. Arguello y K. L. Torres, «Diseño y construcción de un equipo de moldeo térmico para la elaboración de platos biodegradables a partir del bagazo de la Caña

- de azúcar (*Saccharum officinarum*),» 2021. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14994/1/96T00645.pdf>.
- [61] M. D. I. Y. P. Ecuador, «RESOLUCIÓN No. 14 378,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-195.pdf>.
- [62] M. D. I. Y. P. Ecuador, «RESOLUCIÓN No. 14346,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-131.pdf>.
- [63] «3DALIA,» [En línea]. Available: <https://3dalia.com/escala-de-dureza-shore/>. [Último acceso: 20 12 2023].
- [64] ASTM Compass, «Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials,» 2021. [En línea]. Available: https://www.astm.org/d7264_d7264m-21.html.
- [65] ASTM Compass, «Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimens by Means of a Falling Dart (Tup or Falling Mass),» 2018. [En línea]. Available: <https://www.astm.org/d5628-18.html>.
- [66] B. D. SYSTEMES, «SOLIDOWKRS 2023». 2023.
- [67] INTE/ISO 14855-1, «Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis de dióxido de carbono generado.,» INTECO, Ambato , 2019.
- [68] C. M. Bencardino, Estadística y muestreo, Bogotá: Ecoe Ediciones , 2012.
- [69] V. Yepes, «¿Qué es la metodología de la superficie de respuesta?,» 2016. [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/04/19/que-es-la-metodologia-de-las-superficies-de-respuesta/>.
- [70] A. D. Moreno, J. M. Schuster, J. O. Manzur, M. R. Rosenberger y C. E. Schvezov, «Modelo de la evaporación de una gota sésil sobre una superficie sólida,» 2019. [En línea]. Available:

<https://rid.unam.edu.ar/handle/20.500.12219/3109#:~:text=Una%20gota%20s%C3%A9sil%20es%20una,la%20gota%20y%20su%20vapor..>

- [71] K. S. Quintana, «Medición Tensión Interfacial Gotas Sesiles Y Colgantes,» 2022. [En línea]. Available: <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/93edf97d-8a97-4d88-8b43-35f7dcc55df4/content>.
- [72] R. Hernández, «Bioensayos basados en la evaporación de gotas sobre un pilar de Poli-metilmacrilato,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/3221/SSIT0016415.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Anexos

