



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA,

PESCA Y VETERINARIA

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Trabajo de integración curricular presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Prototipo de material compuesto de matriz polimérica reforzada con cascara de maíz *Zea Mays*: Diseño y alternativa de aplicación industrial.

AUTOR:

Julio Cesar Fuentes Chiang

TUTORA:

Ing. Dayaneth Rivera Troya, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLA.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
CAPITULO I. – INTRODUCCION	1
1. Contextualización de la situación problemática.....	2
1.1.1 Contexto internacional	3
1.1.2 Contexto nacional	4
1.1.3 Contexto local	5
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos de la investigación	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 Hipótesis de la investigación.....	8
CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 Bases teóricas.....	11
CAPITULO III - METODOLOGIA	18
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2 Operacionalización de las variables.....	21
3.3 Población y muestra de investigación.....	22
3.3.1 Población.....	22
3.3.2 Muestra	22
3.4 Técnicas e instrumentos de medición	23
3.4.1 Técnicas.....	23
3.4.2 Instrumentos	24

3.5	Procesamiento de datos	25
3.6	Aspectos éticos	26
	CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	Resultados.....	27
4.2	Discusión.....	32
	CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1	Conclusiones	33
5.2	Recomendaciones	34
	CAPÍTULO VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
	Anexos.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Taxonomía de maíz variedad Elite	14
Tabla 2.2: Características del HDPE	15
Tabla 3.1: Concentraciones de cada prototipo de matriz compuesta.....	19
Tabla 3.2: Operacionalización de variables.....	21
Tabla 3.3: Muestra total de investigación.....	22
Tabla 3.4: Técnicas a utilizar del proyecto	23
Tabla 3.5: Instrumentos de medición del proyecto.	24
Tabla 3.6: Desglose de procesamiento de datos.....	25
Tabla 4.1 : Resultados de medición de propiedades mecánicas.....	27
Tabla 4.2: Análisis de la resistencia en función del polietileno	28
Tabla 4.3 : Análisis de la resistencia en función de la cáscara	29
Tabla 4.4 : Análisis de Elongación en función del polietileno	29
Tabla 4.5 : Análisis de Elongación en función de la cáscara.....	30
Tabla 4.6: Resumen de pruebas de hipótesis planteadas a variables....	30

RESUMEN

El estudio propuesto se centra en la investigación y desarrollo de un prototipo de material compuesto que incorpora cáscara de maíz como agente de refuerzo en una matriz polimérica, con el objetivo de ofrecer una alternativa industrial sostenible. Se presenta la problemática del desperdicio de cáscara de maíz en Ecuador, donde se evidencia una alta producción de este residuo agrícola y, a su vez, una importante generación de desechos plásticos, lo cual representa un desafío ambiental significativo. En este sentido, se plantea la oportunidad de aprovechar la cáscara de maíz como recurso para mejorar las propiedades mecánicas de los productos poliméricos, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental y promoviendo la economía circular. Se espera que los resultados de esta investigación aporten conocimientos sobre el uso de cáscaras de maíz como refuerzo en matrices poliméricas y su impacto en las propiedades de los materiales compuestos. Además, se espera que los prototipos desarrollados demuestren su viabilidad técnica y económica para su posible aplicación en la industria.

Palabras clave: cáscara de maíz, matriz polimérica, material compuesto, propiedades mecánicas, desperdicio agrícola, aplicación industrial.

ABSTRACT

The proposed study focuses on the research and development of a prototype composite material that incorporates corn husks as a reinforcing agent in a polymeric matrix, with the aim of offering a sustainable industrial alternative. The problem of corn husk waste in Ecuador is presented, where there is a high production of this agricultural waste and, in turn, a significant generation of plastic waste, which represents a significant environmental challenge. In this sense, there is an opportunity to use corn husks as a resource to improve the mechanical properties of polymeric products, thus contributing to the reduction of environmental impact and promoting the circular economy. The results of this research are expected to provide knowledge on the use of corn husks as reinforcement in polymeric matrices and their impact on the properties of composite materials. Furthermore, the developed prototypes are expected to demonstrate their technical and economic feasibility for possible application in industry.

Keywords: corn husk, polymeric matrix, composite material, mechanical properties, agricultural waste, industrial application

CAPITULO I. – INTRODUCCION

La búsqueda constante de alternativas sostenibles en el ámbito industrial ha llevado a la exploración de materiales que puedan ser innovadores y sobre todo integren eficiencia, resistencia y respeto al medio ambiente. En este contexto, el presente estudio se enfoca en el desarrollo de un prototipo de material compuesto, donde una matriz polimérica se refuerza con una vegetal como lo es la cascara de maíz, ofreciendo así una solución prometedora para suplir problemas tales como el uso de plástico mundial que es fuertemente alto y el desperdicio agrícola

La cascara de maíz, un subproducto agrícola abundante y biodegradable, se presenta como una alternativa para fortalecer estructuras poliméricas, aprovechando sus propiedades mecánicas como lo son resistencia y elongación.

En este contexto, el diseño y la aplicación industrial de este prototipo no solo plantean desafíos técnicos, sino que también promueven un cambio paradigmático en la forma en que concebimos y utilizamos los materiales en la producción industrial.

Este estudio se sitúa la sostenibilidad y la innovación industrial. La combinación de la matriz polimérica con la cascara de maíz busca incrementar las propiedades mecánicas del material compuesto, mientras se minimiza su impacto ambiental. Este enfoque no solo responde a la creciente demanda de soluciones en la industria, sino que también mitiga los problemas que tanto nos afectan como son los plásticos y su degradación muy tardía.

La matriz polimérica, con sus características de elongación y resistencia, proporciona una densidad estable y suave necesaria para el material compuesto, mientras que la cascara de maíz actúa como un refuerzo natural, aprovechando su alta resistencia a la tracción y su bajo peso específico. Esta combinación busca alcanzar un equilibrio óptimo entre rendimiento técnico y sostenibilidad ambiental, sentando así las bases para una posible alternativa a los materiales convencionales en diversas aplicaciones industriales.

El proceso de diseño y fabricación de este prototipo implicara seguir los mejores materiales para elaborar la matriz compuesta, así como también se mejorara la optimización de parámetros de procesamiento para garantizar la calidad y la viabilidad de la matriz en para sus usos en distintas áreas industriales. Tales como la construcción, la automoción o la industria de envases y embalajes.

1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Según las cifras del III Censo Nacional Agropecuario, en Ecuador existen aproximadamente 248,982 hectáreas y 82 mil unidades productoras dedicadas al cultivo y producción de maíz duro seco. Estadísticas del MAG indican que en la última década se ha sembrado anualmente entre 270 mil y 360 mil hectáreas de maíz duro seco, con una producción actual que supera el millón de toneladas. De este total, más del 85% se destina a la industria de balanceados.

La cáscara de maíz es conocida por su contenido significativo de fibra, la cual posee características mecánicas únicas que pueden mejorar las propiedades del material compuesto, como la capacidad de elongación y la resistencia a tensiones específicas o pesos. La ausencia de este tipo de producción en el país presenta una oportunidad estratégica para explorar y liderar el desarrollo de tecnologías más sostenibles y eficientes desde el punto de vista medioambiental.

Los residuos del cultivo del maíz, principalmente los tallos y hojas de la planta, representan cerca del 2´ 600 000 toneladas de los 1, 329,532 toneladas cosechadas en Ecuador. Resultados de una encuesta a productores revelan que el 73% opta por quemar a cielo abierto los residuos del cultivo después de cada cosecha, el 20% los utiliza como alimento para el ganado, el 5% realiza ensilajes, y el 2% los reutiliza como abono para las plantas. (Roca Pérez Luis et al., 2017)

Por otra parte de acuerdo a lo establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de las 12 613 toneladas de residuos sólidos que se recolectan al día, el 44% corresponde a desechos inorgánicos, siendo el 11% residuos sólidos pertenecientes a plásticos (INEC, 2022).

A su vez en el 2021 se evidencio que En el país se recolecta en promedio 13.652,6 toneladas de residuos sólidos al día, de este total el 55 % corresponde a residuos orgánicos, ósea a plásticos (INEC, 2020)

La cáscara de maíz en Ecuador está desaprovechada debido al escaso interés social. Para abordar esto, se propone desarrollar un material compuesto de matriz polimérica con cáscara de maíz, aprovechando su resistencia y ligereza. Esta alternativa busca mejorar la eficiencia y durabilidad de productos de polímeros, contribuyendo positivamente en la sostenibilidad ambiental al reutilizar este desecho agrícola y crear alternativas en contra del desecho plástico que tarda en descomponerse y genera un problema ambiental.

1.1.1 CONTEXTO INTERNACIONAL.

La crisis de contaminación plástica es un desafío global debido a regulaciones deficientes sobre su producción, consumo y manejo. La globalización y el turismo han exacerbado el problema. En 2015 se generaron más de un millón trecientos mil Tn de residuos orgánicos urbanos, una cifra que podría duplicarse para 2025. (Penilla & koot, 2020).

Hoy en día, el plástico es considerado una de las sustancias que contribuyen al grave colapso de los océanos y de la biodiversidad. Su acumulación puede provocar importantes perturbaciones en diversos ambientes, aumentando el mantenimiento de esta sustancia a través de diversos puntos de contacto (Cornejo Martínez, 2020).

En los últimos diez años la producción de plástico ha superado la cantidad producida en toda la historia de la humanidad. Si el problema no se aborda a tiempo, se espera que la cantidad de plástico en el océano supere la cantidad de peces para 2050 (Cedeño, Crooks, Soto, Teran, & Walters, 2022). En cuanto a los residuos de cultivos de maíz, las cantidades totales por grano oscilan entre 0,5 y 3,2 kilogramos de producto por kilogramo (kg/kg) de producto, según informes de diversas regiones como América del Norte, América del Sur, Asia y el Sudeste Asiático. A nivel global, se observan valores en el rango de 1-2 kg/kg

en Europa del Este, China y México (Martillo J. A., Lesme, Oliva, & Martínez, 2019).

1.1.2. CONTEXTO NACIONAL

En Ecuador, el tema de la producción de plástico es relevante. El INEC sugiere como solución la segregación de desechos sólidos para su procesamiento. Actualmente, el 37,1% de las ciudades ecuatorianas han adoptado la separación en origen, abarcando materiales orgánicos e inorgánicos como cartón, papel, plástico y vidrio. Además, el 47,47% de los hogares ecuatorianos participan en esta separación, siendo el plástico el material más común, representando el 32,98% de los residuos clasificados (Mera, Rendón, Bernal, & Baque, 2020).

Por otra parte, de acuerdo a lo establecido por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de las 12 613 toneladas de residuos sólidos que se recolectan al día, el 44% corresponde a desechos inorgánicos, siendo el 11% residuos sólidos pertenecientes a plásticos (INEC, 2022).

Según las cifras del III Censo Nacional Agropecuario, se estima que en Ecuador existen más de doscientos cuarenta mil hectáreas sembradas y más de ochenta mil haciendas productoras dedicadas al cultivo y producción de maíz duro seco. Estadísticas del MAG mencionan que se ha sembrado anualmente entre 270 mil y 360 mil hectáreas de maíz duro seco, con una producción actual mayor a 1'500 000 de toneladas aproximadamente. De este total, la industria de balanceados acoge más del ochenta por ciento.

Es así que los residuos del cultivo del maíz, principalmente los tallos y hojas de la planta, representan cerca del 2' 600 000 toneladas de los 1, 329,532 toneladas cosechadas en Ecuador. Productores revelan que el 73% opta por quemar a cielo abierto el 20% los utiliza como alimento para el ganado, el 5% realiza ensilajes, y el 2% los reutiliza como abono para las plantas (Roca, Tapia, Andrade, & Boluda, 2017).

1.1.3. CONTEXTO LOCAL

En Los Ríos, hay un aumento del 10% en la siembra de maíz en Vinces, con una producción de 120 quintales por hectárea. En Mocache, se da un incremento del 30% gracias a más créditos de BanEcuador. Sin embargo, en Babahoyo, Pueblo Viejo, Urdaneta y Quinsaloma, la siembra ha disminuido un 30%. Estos cambios pueden generar residuos de maíz, estimados entre 300 y 500 kg por hectárea, abriendo oportunidades para su gestión sostenible y beneficios económicos y ambientales locales (BCE, 2018).

En cuanto a la producción de plásticos, el consumo específico de este material en la provincia de Los Ríos no está completamente determinado; sin embargo, según cálculos realizados por el INEC, se estima que el 64,4 % de los hogares ecuatorianos participan en la clasificación o separación de diversos tipos de residuos, incluyendo orgánicos, papel, plástico, metal, entre otros. Dentro de estos, el plástico es el tipo de residuo más prominente, representando un 44,9 % del total, lo que refleja una ligera disminución en comparación con el 46,0 % registrado en 2019 (INEC, 2022).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, la producción de alimentos genera una cantidad significativa de residuos en varias etapas del proceso, siendo particularmente notables los desechos orgánicos agrícolas, como las cáscaras de maíz *Zea mays*, que son desechadas sin aprovecharse en aplicaciones industriales, lo que resulta en una contaminación ambiental y la pérdida de materia prima valiosa. Todo esto más sumado el desperdicio excesivo de materiales orgánicos como el plástico hacen que el medio ambiente sufra consecuencias graves.

El poco conocimiento de desarrollar prototipos de material polimérico reforzado con diversas fibras vegetales, puesto que al no ser un área explotada se limita su uso y no se concientiza sobre como esto puede ayudar a la disminución de la contaminación plástica no se utiliza.

Debido a ello se debe crear más productos compuestos de matriz polimérica y fibras vegetales para la reducción del problema, esto aporta beneficios económicos puesto que estas matrices crean propiedades mecánicas muchos más proporcionados con igual o mejor valores de durabilidad y su amplia gama de usos que puede abarcar su uso desde la construcción hasta la fabricación de envases o algún material industrial.

Problema de investigación

¿Cómo influye la incorporación de cáscara de maíz como agente de refuerzo en una matriz compuesta sobre las propiedades mecánicas de elongación y resistencia?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como objetivo recrear escenarios de fabricación de prototipos reforzados con cáscara de maíz para obtener matrices compuestas con mayores valores de resistencia y elongación. Dado que, en el Ecuador, en la zona agrícola el desperdicio de la cáscara de maíz es significativamente alto (2' 600 000 de desperdicio total), además el problema del excesivo uso de plásticos (cerca del 55% de la basura producida del Ecuador corresponde a plásticos) genera una gran huella ecológica y contaminación debido al tiempo prolongado de degradación de estos.

El desarrollo de prototipos que puedan suplantar el uso de polímeros al 100% se ha venido arraigando siendo la conciencia ecológica frente a factores climáticos ya existentes lo que han volcado la conciencia de las empresas a reducir el uso del polietileno virgen. El uso de materiales compuestos es el bum que se está dando internacionalmente puesto que arraiga un problema y crea un beneficio tanto económico como ambiental.

El desarrollo de prototipos de materiales compuestos que utilizan matrices poliméricas reforzadas con materiales agrarios se está dando por la creciente conciencia ecológica y la necesidad de reducir el impacto ambiental de la

producción de materiales plásticos. El uso de materiales compuestos en lugar de materiales tradicionales puede proporcionar importantes beneficios en términos de eficiencia de recursos y sostenibilidad.

En el Ecuador hay matrices poliméricas compuestas existentes, uno de ellos es el caso de la matriz con cajanus cajan, la cual según su estudio se pudo evidenciar que "La combinación de fibra extraída de la cascara de cajanus cajan (gandul) y LDPE proporciona la fuerza y flexibilidad necesarias para su uso en bolsas o envases capaces de soportar cargas de hasta cuarenta kg/f (392,4 N) " (Rivera, Quinto, & Gosende Perez, 2018).

Por otro lado (Velásquez Restrepo, Pelaéz Arroyave, & Giraldo Vásquez, 2016), examinaron minuciosamente las propiedades relacionadas con el sonido, la resistencia a movimientos no deseados y la capacidad de descomposición de las fibras de yute de densidades tanto altas y bajas, además de compuestos hechos de latex de caucho natural fortalecidos con estas mismas fibras. Este estudio se orientó hacia su potencial uso tanto en el área de los automotrices como en el área arquitectónica.

La incorporación de fibras de hoja de piña a una matriz de polipropileno tiene un rendimiento superior debido a que se atribuye a la relación longitud/diámetro significativamente mayor de las fibras de piña. Además, debido a la alta celulosa presente en las fibras de hoja de piña, exhiben una resistencia a la tracción excepcional (Guzmán Sánchez, Vélez Valencia, & Ríos Sossa, 2023).

Como ya se ha presentado en el Ecuador la iniciativa de desarrollar un prototipo de material compuesto utilizando una matriz de polímeros reforzada con cáscara de maíz cobra bastante relevancia, pues actualmente son pocas las que se están llevando a cabo. Además, esta matriz compuesta al estar reforzada contribuirá a mejorar las propiedades mecánicas de la matriz polimérica y se insertará como una de los mejores modelos frente a prototipos ya existentes.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un material compuesto de matriz polimérica reforzada con fibra de cáscara de maíz Zea mays

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar prototipos que integren sustituciones parciales de cáscara de maíz en la matriz polimérica.
- Caracterizar las propiedades de elongación y resistencia de cada prototipo bajo la norma NTE INEN 3024.
- Evaluar la posible aplicación industrial de los diferentes prototipos de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

1.5. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

El refuerzo a partir de la fibra de la cáscara de maíz mejorará las propiedades de resistencia y elongación en una matriz compuesta.

Ho: No existe diferencia significativa entre la varianza de los prototipos desarrollados en cuanto a sus propiedades mecánicas.

Ha: Al menos un Prototipo de material compuesto difiere en las propiedades de elongación y resistencia.

CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Los desechos agrícolas, como los del maíz, comprenden principalmente celulosa, lignina y hemicelulosa. La proporción de estos componentes químicos en los residuos de maíz puede variar, con un contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa que oscila entre el 35% y el 50%, el 20% y el 30%, y el 15% y el 30%, dependiendo de la variedad respectivamente (Quintana, Taranto, Moreria, & Parrales, 2022).

La contaminación plástica es en realidad un importante problema global en la actualidad, causada por la producción, el consumo y los hábitos post consumo del plástico. Los plásticos se han vuelto más comunes en el mundo y el turismo contribuye a este proceso. El propósito de este artículo es explorar la lógica detrás de la movilidad plástica global y analizar cómo el turismo influye e influye en este proceso.

La producción mundial de polímeros alcanzó los 359 millones de toneladas el año pasado, lo que genera preocupación por la cantidad de residuos. Para solucionar este problema se desarrollaron biopolímeros, un material más respetuoso con el medio ambiente. Estos biopolímeros se pueden utilizar como rellenos orgánicos en la producción de compuestos poliméricos, como fibras naturales, para promover prácticas más sostenibles en las industrias alimentaria, de la construcción y del automóvil (Posada & Montes, 2022).

En el Ecuador podemos encontrar varias matrices compuestas que se han elaborado, como es el caso de la matriz polimérica de yute, que según sus autores (Cunalata & Jimenez, 2019). Buscaban crear un prototipo con esta fibra vegetal y que posea propiedades mecánicas de fracción e impacto y que puedan proporcionar un uso industrial.

Por otro lado, también se ha fabricado matrices con fibra de yuca (Paredes & Jácome, 2019). Esta matriz específicamente se la diseñó, pero con polietileno

de alta densidad ya que se analiza que sea usada en productos industriales de carácter reforzado, mismas que se le analizan las propiedades mecánicas de tracción para su uso en este apartado industrial.

(Rivera & Alban, 2022), crearon un prototipo que usa polímero de baja densidad reforzado con Cajanus Cajan o mejor conocido como Gandul, las autoras fabricaron este prototipo para que sirva en la creación de bolsas y empaques que, realizados los estudios de tensión y deformación en una maquina universal donde si obtuvo buenos resultados para que esta matriz pueda sustituir a los elaborados de petróleo.

Las fibras naturales de origen vegetal, que son biodegradables y adquieren propiedades mecánicas similares a las sintéticas tras tratamientos superficiales, se están convirtiendo en agentes de refuerzo indispensables para los compuestos poliméricos. Dan lugar a composites tribológicos con excelentes propiedades de desgaste, fricción y lubricación, especialmente útiles en el sector de la automoción (Moreno & Remache, 2021).

El uso de materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras está experimentando un crecimiento sostenido, impulsado por sus sobresalientes propiedades físico-mecánicas, que incluyen una alta resistencia estructural, una excelente relación resistencia-peso y una durabilidad notable (Pérez, Riera, & Tonato, 2020).

La exploración de nuevas formas de combinar materias primas y procesos de fabricación innovadores conduce a materiales con propiedades y características que satisfacen las expectativas de la industria de la ingeniería. Esta exigencia está motivada principalmente por la ventaja competitiva que supone reducir los costes de producción. Se busca un equilibrio entre la resistencia mecánica, la densidad, la facilidad de fabricación, los costes de las materias primas y la minimización del impacto medioambiental a lo largo del ciclo de vida del material (Guerrero, Rodríguez, & Villavicencio, 2013).

El desarrollo de un prototipo reforzado con cascara de maíz se ve como una iniciativa de conservar el medio ambiente y a su vez liberar el uso indiscriminado del plástico, el uso de este material de residuo vegetal como lo es la cascara de maíz podría reducir los índices de contaminación y a su vez ayudaría en cierta forma a la economía.

Estas iniciativas pueden alentar a otros sectores a adoptar prácticas similares y promover la diversificación gastronómica y nutricional. La iniciativa también enfatiza la importancia histórica y cultural del maíz, ya que tiene raíces en varias civilizaciones, como la maya, y continúa siendo una parte central de la identidad cultural en la actualidad.

2.2. BASES TEÓRICAS

El maíz es uno de los cultivos que más predomina en varias regiones costeras y montañosas del Ecuador. La producción de maíz aumenta en Ecuador a que la parte investigativa desarrolla semillas que cuenten con alto porcentaje de rendimiento permiten a los agricultores cosechar más en la misma tierra.

Hoy, los agricultores tienen acceso a híbridos de maíz apoyados por la Agencia de Aseguramiento de la Calidad Agropecuaria (Agrocalidad) del Ecuador y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estas agencias distribuyen semillas según ubicación y condiciones geográficas después de realizar estudios de viabilidad para asegurar su adaptabilidad y óptimo rendimiento (Guamán, Vera, Villavicencio, Ulloa, & Romero, 2020).

El maíz juega un papel esencial en la nutrición y la cultura mesoamericana, sirviendo como elemento estratégico de la soberanía y seguridad alimentaria, especialmente en las comunidades rurales mexicanas. Este grano tiene muchos usos y valores socioculturales, habiendo sido domesticado y venerado en las culturas prehispánicas. (González, Silos, Estrada, & Chávez, 2016).

Aunque el origen del maíz ha sido ampliamente estudiado y se han escrito muchos estudios, todavía existe controversia sobre los detalles de su apariencia.

En general, se cree que el maíz fue uno de los primeros cultivos cultivados por los agricultores hace unos 7.000 a 10.000 años. La evidencia más antigua del consumo humano de maíz proviene de varios sitios arqueológicos en México datan de hace más de 5.000 años (FAO, n.a).

El maíz es un cultivo forma parte del nivel económico agrario a escala global debido a su valor como fuente de alimento tanto para el ser humano como para el ganado y su papel como materia prima en la producción de una variedad de productos industriales.

Según un estudio de 2014, el maíz duro seco representa el 40% de la producción mundial de cereales. Además, según Trusts Instituted in Relations, en 2016 el maíz alcanzó un pico espléndido de producción superando el millón de toneladas con una base de cerca de seis toneladas por hectarea (Guamán, Vera, Villavicencio, Ulloa, & Romero, 2020).

En 2019 existían en el Ecuador 36 empresas productoras de maíz, la mayoría ubicadas en la provincia del Guayas (50%). En este sector se crearon un total de 186 puestos de trabajo, de los cuales el 57% fueron en microempresas. En 2020, la superficie cosechada de maíz en Ecuador alcanzó las 355.913 hectáreas y la producción total fue de 1.358.626 toneladas. La provincia de Los Ríos lidera la producción nacional con un 47%, seguida de Manabí con un 21% y Guayas con un 18% (CFN, 2021).

En el caso del polietileno, el desarrollo de la industria del plástico se aceleró significativamente debido al importante impacto de la Segunda Guerra Mundial en el sector. Este conflicto se ha convertido en un catalizador del crecimiento exponencial de la producción y desarrollo de materiales plásticos. Desde entonces, se han producido cambios importantes en la elección de materiales.

La industria ha encontrado en el sector del plástico su socio ideal gracias a su versatilidad, durabilidad y capacidad de adaptación a duras condiciones ambientales. Este cambio estimuló un importante progreso industrial, mejorando

tanto la función como el rendimiento de muchos tipos de productos (De Titto, De Titto, & Savino, 2022).

Por ejemplo, el uso de fibras naturales como materiales de refuerzo ha atraído el interés de la industria porque ofrecen la oportunidad de producir piezas con menor impacto ambiental. Estas fibras naturales, además de buenas propiedades mecánicas, también son económicas, fácilmente disponibles, reciclables y biodegradables, lo que las convierte en una opción atractiva para reemplazar parcialmente el plástico en un número de productos (Anguiano, Galindo, Céspedes, Corral, & Facio, 2021).

Maíz

La planta de maíz tiene características fasciculadas y robustas que le proporcionan estabilidad y alimento. Su tallo, similar a una caña, es recto, sin ramificaciones y puede llegar a medir hasta 4 metros de altura. Las hojas se distribuyen en dos filas a lo largo del tallo, con una vaina y una lámina o limbo cada una. (Caicedo, Cadena, Galarza, & Solorzano, 2019).

El maíz es una de las tres especies más relevantes a nivel mundial junto al arroz y al trigo. Es una planta cultivada que proporciona alimentos tanto para humanos como para animales domésticos. Además, la planta entera se utiliza como forraje, picada para convertirla en ensilaje, especialmente para los rumiantes domésticos (Rimieri, 2023).

Origen del maíz

El maíz *Zea mays* L. es el único cereal importante nativo del hemisferio occidental y tiene su origen en México. Se ha extendido desde el norte, hasta Canadá, y hasta el sur, llegando a Argentina. Tras el descubrimiento de América, el maíz se dispersó rápidamente por Europa, África y Asia. A nivel mundial, este cereal representa.

Aproximadamente el 5.4 % de todas las fuentes alimenticias de la población humana, ocupando el tercer lugar después del trigo y el arroz (Mamani & Echenique, 2021). El maíz es un cultivo de larga tradición en la región andina, donde se ha cultivado desde tiempos prehispánicos con nombres como sara o kuri sara. Originario de México, este cultivo llegó a las costas ecuatorianas hace unos 4300 años (Iglesias, Alegre, Salas, & Egüez, 2018).

Uso de residuos de maíz

Los residuos del cultivo del maíz incluyen principalmente los tallos, hojas y mazorcas de la planta, que resultan del proceso industrial para obtener el grano. Estos residuos pueden ser utilizados de diversas formas para obtener productos como etanol, metano, biodiesel, enzimas, biohidrógeno y carbono activado (Martillo J. Lesme, Oliva, & Martínez, 2019).

También se han empleado en aplicaciones como materiales para mejorar la eficiencia energética en construcciones, como fibra reforzante, adsorbentes de contaminantes en el agua y materiales para compostaje (Roca L. Tapia, Andrade, & Boluda, 2017). A continuación en la tabla 1.0 se muestra la taxonomía del maíz.

Taxonomía del maíz

Taxonomía del Maíz	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	Zea mays

Tabla 2.1. Taxonomía de maíz variedad Elite

Autor: Alache, Vega, & Lizarde, 2020.

Polietileno

El polietileno es un polímero que se puede malear con el calor y es grandemente usado en aplicaciones de nivel industrial debido a que su maleabilidad le permite ser usado en la creación de diversos productos plásticos y ya que su precio es relativamente bajo es uno de los más usados y que cuenta con propiedades químicas y mecánicas excelentes. (Cárdenas, Rojas, & Galviz, 2019)

Polietileno de baja densidad

El polietileno de baja densidad es un tipo especial de polímero termoplástico que pertenece a la familia de los polímeros de olefinas, similar al polipropileno. Su estructura molecular consta de unidades repetidas de etileno. A menudo se le llama LDPE (polietileno de baja densidad) o LDPE (polietileno de baja densidad). Al igual que otros termoplásticos, el LDPE es reciclable. (Wiebeck, 2018).

La tabla 2.2 muestra sus características fundamentales.

Características del polietileno de baja densidad (HDPE)

Característica	Descripción
Densidad	0.910 - 0.940 g/cm ³
Estructura Molecular	Cadena lineal con ramificaciones cortas
Flexibilidad	Muy flexible y elástico
Transparencia	Transparente
Resistencia al Impacto	Buena resistencia al impacto

Tabla 2.2 Características del Polietileno de baja densidad

Autor: Wiebeck 2018

Además de sus aplicaciones convencionales, el polietileno de baja densidad se emplea como revestimiento para cartones, especialmente en envases tetrapack, y en la fabricación de vasos desechables para bebidas que cumplen con las normativas de entidades como la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) o el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) (Murcia Patiño, Sanguino, Jaimes Velandia, & Barrera, 2021).

Ácido cítrico

El ácido cítrico es un ácido que se haya en una variedad de tejidos tanto de animales y vegetales. Cuenta con una presencia en frutas, en especial en frutas del reino cítrico Aunque coloquialmente se lo considera como un ácido natural, también puede ser sintetizada en laboratorio. Este ácido tiene diversas funciones tanto en industria alimentaria como también en el farmacéutica, cosmética, entre otras (Guadalupe, Salazar, & Salazar, 2021).

El ácido cítrico es un ácido orgánico débil que se encuentra de forma natural en frutas cítricas como limones, limas, naranjas y pomelos. Tiene un sabor ácido y se utiliza ampliamente en la industria alimentaria como conservante, agente acidulante y potenciador del sabor. También se utiliza en la industria farmacéutica, cosmética y de limpieza debido a sus propiedades ácidas y su capacidad para quelar iones metálicos (Lambros & Tran, 2021).

Beneficios

El ácido cítrico puede aumentar el contenido antioxidante de los alimentos al estimular la síntesis de compuestos Nutracéuticos como los compuestos fenólicos y flavonoides, que actúan como antioxidantes (Salas, Gaucín, Preciado, & Gonzales, 2018).

En la industria farmacéutica, el ácido cítrico se emplea como antioxidante para preservar las vitaminas, en productos efervescentes y como regulador de pH. El 10% restante se destina a la industria química, donde actúa como agente

espumante en el tratamiento de textiles para ablandarlos. (Guadalupe, Salazar, & Salazar, 2021).

Hidróxido de sodio

Empleado en síntesis química, tratamiento de celulosa para rayón y celofán, elaboración de plásticos, jabones y productos de limpieza. Se produce principalmente mediante diversos procesos, como la electrólisis del cloruro de sodio, la reacción del hidróxido de calcio y el carbonato de sodio y el tratamiento del sodio metálico con vapor de agua a temperaturas moderadas (Química Unam, 2008).

Por otra parte, el hidróxido de sodio se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como adsorbentes, en el tratamiento de superficies metálicas, incluyendo el galvanizado y la electrolisis. También se emplea en el tratamiento de superficies no metálicas, como agente floculante y neutralizante. Además, se encuentra en productos químicos de laboratorio, y productos de limpieza (Quimipur, 2019).

CAPITULO III - METODOLOGIA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Investigación Bibliográfica

Este enfoque de investigación facilitó la recopilación de datos a partir de una variedad de fuentes, como libros, tesis, revistas científicas, artículos especializados, normativas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), informes de laboratorio, entre otros.

Investigación Experimental

El enfoque de esta investigación será de tipo cuantitativo y causal ya que se empleará un diseño experimental donde se realizarán pruebas con diversas sustituciones parciales en las matrices compuestas para obtener la que tendrá mejores características mecánicas. Se prepararán ensayos en laboratorio donde se efectuarán análisis de resistencia y elongación a cada una de los prototipos resultantes. Todo esto se efectuará en las instalaciones de la FACIAG de la UTB.

Descripción del proceso de elaboración de matriz compuesta polimérica entre cascara de maíz y polímero de baja densidad.

Para la realización de los distintos prototipos de material compuesto se debe seguir guías de manejo de matrices compuestas con fibras vegetales, donde se detallará:

Preparación de la muestra (matriz polimérica y cascara de Zea mays

Recepción de la cascará de maíz:

El residuo de la cascará de maíz de variedad élite se obtendrá de una finca de la parroquia Barreiro, mientras que la matriz polimérica será adquirida de una fábrica de plásticos de Guayaquil.

Proceso de limpieza: se utilizará concentraciones de 25% de ácido cítrico en 750 ml de agua.

Preparación de solución de NaOH a 0,1 N: Las cáscaras serán sometidas a soluciones de 0,1N NaOH con la finalidad de aumentar la rugosidad de la superficie de la fibra

Ecurrido y secado: Por consecuente la muestra se escurrirá y secará a temperaturas de 80 °C por 20 minutos

Proceso de corte: para finalizar se realizará cortes de la cascará en longitudes 5 a 7 mm usando un molino manual marca Victoria.

Diseño de las probetas

La tabla 3.0 muestra las concentraciones entre la matriz polimérica y la fibra vegetal de la cascará de maíz en donde por cada tratamiento se realizará 8 probetas, para la fuerza de compresión las probetas serán sometidas a una fuerza de compresión en una prensa térmica manual marca Carver modelo 4389.

Se pretende trazar un bosquejo completamente al azar entre polímero y cáscara de maíz donde por la elaboración de diversas concentraciones de estos. Se medirá las propiedades de elongación y resistencia.

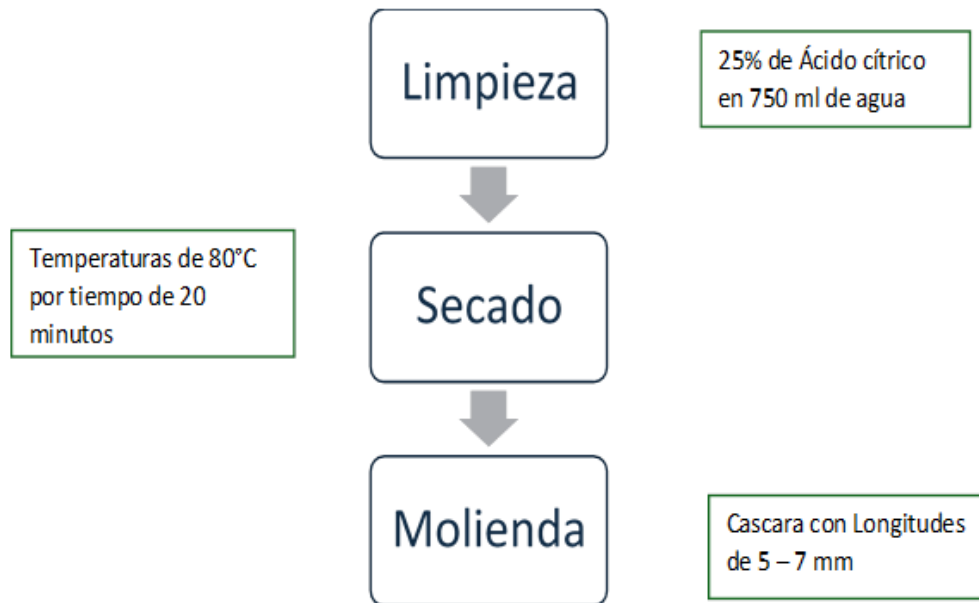
Prototipos	Polímero de baja densidad	Cáscara de maíz	Total de probetas
Prototipo 1	71%	29%	3
Prototipo 2	68%	32%	3
Prototipo 3	65%	35%	3

Tabla 3.1 Concentraciones de cada prototipo de matriz compuesta.

Autor: Julio Fuentes (2024).

DIAGRAMA DE FLUJO

PREPARACION MATERIA PRIMA



ELABORACION DE PROTOTIPOS

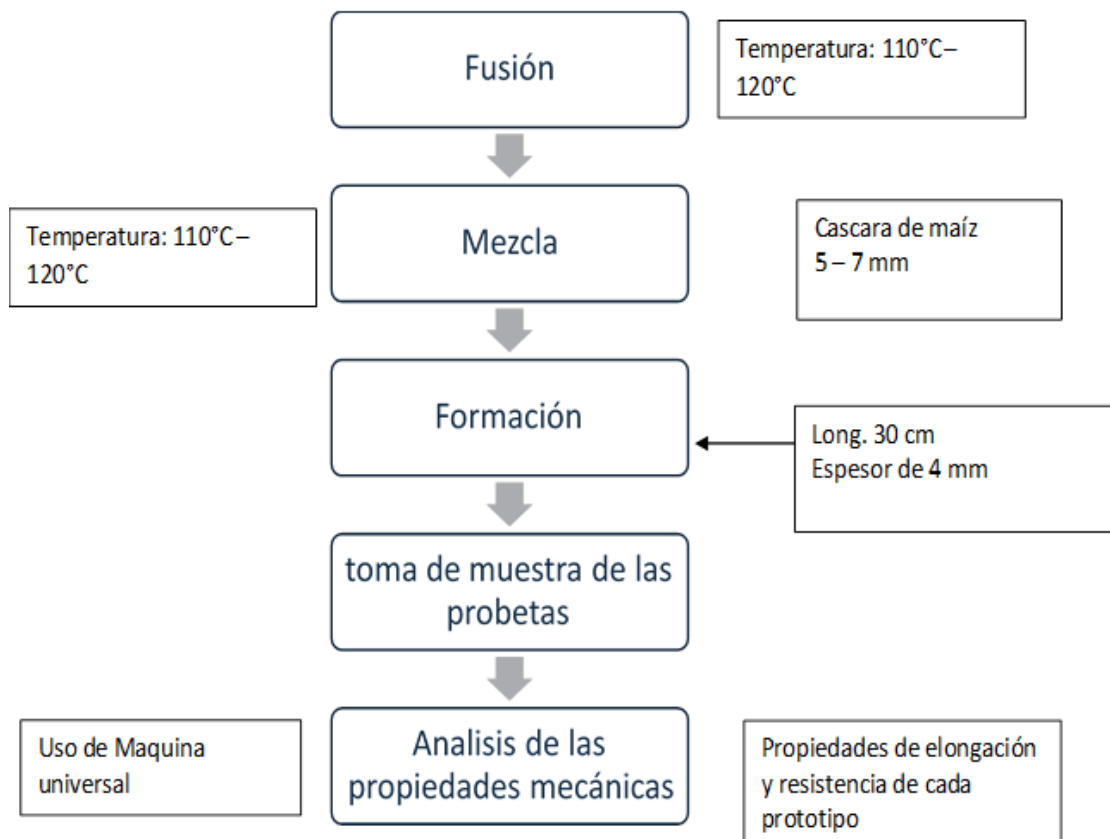


Ilustración 1: diagrama de proceso de elaboración

3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La tabla 4.0 muestra los indicadores en función de las variables y su dimensión

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES
DEPENDIENTE	<p>PROPIEDAD MECANICA DE ELONGACION</p> <p>PROPIEDAD MECANICA DE RESISTENCIA</p>	<p>Porcentaje de alargamiento</p> <p>Unidades de MPa</p>
INDEPENDIENTE	<p>MASA DE CÁSCARA DE MAÍZ.</p> <p>MASA DE POLÍMERO</p>	<p>71% de polietileno de baja densidad - 29% de cáscara de maíz</p> <p>68% de polietileno de baja densidad - 32% de cáscara de maíz</p> <p>65% de polietileno de baja densidad - 35% de cáscara de maíz</p>

Tabla 3.2 Operacionalización de variables

Autor: Julio Fuentes (2024).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. POBLACION

En este formato de proyecto la población no es aplicada.

3.3.2. MUESTRA

La muestra que se estima para la aplicación de este diseño experimental de matriz compuesta parte de un diseño al azar donde se elaboran 3 tratamientos que proceden de la fusión de cada material (cáscara de maíz y matriz polimérica).

Las repeticiones se detallan en la tabla 5 en donde las propiedades mecánicas de elongación y resistencia se disponen de 8 réplicas (probetas por cada prototipo), dando un total de 24 datos totales.

Factores		Ensayos		
Tratamientos	Tipo de Fusión	Elongación	Resistencia	Probetas por Tratamiento
Tratamiento 1	Mezcla	3	3	3
Tratamiento 2	Mezcla	3	3	3
Tratamiento 3	Mezcla	3	3	3
Total de datos				9

Tabla 3.3 Muestra total de investigación

Autor: Julio Fuentes (2024).

El tamaño de muestra que se ha elegido dato en la relación de un diseño experimental ya que proporciona una significancia de los diferentes tratamientos y sus efectos en las propiedades mecánicas de elongación y resistencia.

La elección del tratamiento garantizara la exploración de estos midiendo el comportamiento del material y sus características mecánicas. La creación de 3

repeticiones por prototipo asegura una evaluación confiable de las propiedades mecánicas.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

3.4.1. TÉCNICAS

La tabla 6.0 muestra las técnicas e indicadores a usar en las variables a analizar

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	TECNICAS
DEPENDIENTE	PROPIEDAD MECANICA DE ELONGACION	porcentaje de alargamiento Unidades de MPa	ISO 527-1/-2 NTE INEN 3024
	PROPIEDAD MECANICA DE RESISTENCIA		
INDEPENDIENTE	MASA DE CÁSCARA DE MAÍZ.	71% de polietileno de baja densidad - 29% de cáscara de maíz	Mediciones directas ASTM D638
	MASA DE POLÍMERO	68% de polietileno de baja densidad - 32% de cáscara de maíz 65% de polietileno de baja densidad - 35% de cáscara de maíz	

Tabla 3.4. Técnicas a utilizar del proyecto

Autor: Julio Fuentes (2024).

3.4.2. INSTRUMENTOS

La tabla 3.4 menciona los instrumentos a utilizar de acuerdo a los indicadores a medir

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTOS
DEPENDIENTE	PROPIEDAD MECÁNICA DE ELONGACIÓN PROPIEDAD MECÁNICA DE RESISTENCIA	porcentaje de alargamiento Unidades de MPa	MÁQUINA DE PRUEBA UNIVERSAL
INDEPENDIENTE	MASA DE CÁSCARA DE MAÍZ. MASA DE POLÍMERO	71% de polietileno de baja densidad – 29% de cáscara de maíz 68% de polietileno de baja densidad – 32% de cáscara de maíz 65% de polietileno de baja densidad – 35% de cáscara de maíz	BALANZA ANALÍTICA

Tabla 3.5. Instrumentos de medición del proyecto.

Autor: Julio Fuentes (2024).

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Este enfoque metodológico asegura una evaluación exhaustiva de los resultados para extraer conclusiones sobre el efecto de la matriz vegetal y polimérica en las propiedades de los prototipos de matriz compuesta, como se detalla en la Tabla 8.

Procesamiento de datos			
Recolección de datos	Organización de datos	Análisis de datos	Tabulación
El procesamiento de datos del proyecto se llevó a cabo mediante el análisis de las propiedades mecánicas de cada prototipo, donde se obtuvo los mejores resultados de estas para posteriormente caracterizarlas.	Se empleará una base de datos con el fin de conocer la información donde se hará una comparación de prototipos con cáscara y con menos cáscara añadida a cada probeta realizada.	Se realiza a través del software estadístico SPSS, Se verificará la distribución de resultados obtenidos de cada material compuesto (Diferencia significativa entre los prototipos creados), para aquello se aplicará una prueba de normalidad Kolmogorov - Smirnov.	Si los datos siguen una distribución normal se realizará un análisis de varianza Anova. En el caso de que los datos no sigan una distribución normal se deberá aplicar una prueba de Chi – Cuadrado.

Tabla 3.6. Desglose de procesamiento de datos

Autor: Julio Fuentes (2024).

3.6. ASPECTOS ÉTICOS

Durante la obtención de la cáscara de maíz en la Hacienda La Victoria del Cantón Babahoyo, se siguió protocolos que garantizaron la integridad y pureza del material, se mantuvo una recolección cuidadosa y se evitó la contaminación del material con otros elementos o sustancias durante su manipulación y transporte.

Para la realización de la matriz polimérica se siguieron los pasos de buenas prácticas de manufactura, puesto que así se daría camino a las calidad de los prototipos a realizar, esto por supuesto incluyendo una área de trabajo inocua y libre y organizado, los equipos a utilizar se verificaron que estén correctamente calibrados antes de su uso.

En lo que se refiere a la revisión del informe anti plagio se generará mediante un software anti plagio como parte del proceso de aprobación de la Unidad de integración curricular. Siguiendo todos estos parámetros, los estudiantes podrán crear un trabajo de investigación excelente.

Artículo 25. - En cuanto a los criterios de similitud en la (UIC), se establecen las siguientes categorías:

Porcentaje de 0 al 15%: el texto investigativo será aprobado.

Porcentaje de 16 al 20%: se debe modificar con el tutor encargado.

Porcentaje de 21 al 40%: esta investigación contiene alto nivel de plagio lo cual deberá ser arreglado.

Porcentaje Mayor del 40%: el estudiante reprueba.

CAPÍTULO IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la medición de las probetas mediante la máquina de prueba universal se detallan a continuación en la tabla 4.1.

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio realizadas se tomaron con el fin de efectuar una prueba de normalidad donde se estimó que se realizaría una prueba no paramétrica por el supuesto de tratamientos totales de las matrices poliméricas realizadas. Se evaluó el resultado de las hipótesis para estimar si es hipótesis nula o Alternativa.

	Cáscara (g)	Polietileno (g)	Resistencia (kg/f)	Elongación (%)
P1	50,75	124,25	19,55	9,23
P1	50,75	124,25	19,22	8,79
P1	50,75	124,25	19,36	8,89
P2	56,00	119,00	21,05	5,67
P2	56,00	119,00	20,86	5,23
P2	56,00	119,00	20,77	4,99
P3	61,25	113,75	21,99	3,55
P3	61,25	113,75	21,97	2,98
P3	61,25	113,75	22,03	2,37

Tabla 4.1. Resultados de medición de propiedades mecánicas

Autor: Julio Fuentes (2024).

Ho: Existe diferencia significativa entre la varianza de los prototipos desarrollados en cuanto a sus propiedades mecánicas.

Ha: Al menos un Prototipo de material compuesto difiere en las propiedades de elongación y resistencia.

Se realizó bajo la prueba Kolmogorov - Smirnov el análisis de la variable dependiente de resistencia y elongación en función del valor de polietileno y de la cáscara. Se obtuvo el resultado de análisis mediante el software estadístico SPSS estimando los siguientes resultados:

La tabla 4.2 muestra los resultados de la prueba de normalidad el nivel de significancia es 0 en relación a la resistencia sobre el polietileno.

Prueba de Normalidad				
Kolmogorov Smirnov				
Resistencia	Polietileno	Estadístico	gl.	Sig.
	113,75	0,253	3	0
	119,00	0,259	3	0
	124,25	0,207	3	0

Tabla 4.2. Análisis de la resistencia en función del polietileno

Autor: Julio Fuentes (2024).

La tabla 4.3 muestra los resultados de la prueba de normalidad con nivel de significancia 0 en resistencia sobre cascara.

Prueba de Normalidad				
Kolmogorov Smirnov				
Resistencia	Cáscara	Estadístico	gl.	Sig.
	50,75	0,207	3	0
	56,00	0,259	3	0
	61,25	0,253	3	0

Tabla 4.3. Análisis de la resistencia en función de la cáscara

Autor: Julio Fuentes (2024)

En la tabla 4.4 se denota que el nivel de significancia es menor a 0,05 en ambos escenarios de prueba de normalidad entonces se rechaza la hipótesis nula, puesto que ningún dato sigue una distribución normal.

Prueba de Normalidad				
Kolmogorov Smirnov				
Elongación	Polietileno	Estadístico	gl.	Sig.
	113,75	0,177	3	0
	119,00	0,243	3	0
	124,25	0,302	3	0

Tabla 4.4 Análisis de Elongación en función del polietileno

Autor: Julio Fuentes (2024).

Mientras que en la tabla 4.5 se realiza el escenario de escena la prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov en donde el nivel de significancia de elongación sobre la cascara para los tres tratamientos es 0.

Prueba de Normalidad				
Kolmogorov Smirnov				
Elongación	Cáscara	Estadístico	gl.	Sig.
	50,75	0,302	3	0
	56,00	0,243	3	0
	61,25	0,177	3	0

Tabla 4.5. Análisis de Elongación en función de la cáscara

Autor: Julio Fuentes (2024)

Como se detalla en la tabla 4.6 se tienen los mismos valores P. donde sí existe diferencia significativa entre las propiedades de elongación y resistencia mediante la prueba de chi - cuadrado para una muestra, llegando a la conclusión final que si se debe retener la hipótesis nula.

Resumen de pruebas de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
	Las categorías de VAR00006 se producen con probabilidades iguales	Prueba de Chi - cuadrado para una muestra	1,000	Retener la hipótesis nula
	La distribución de Polietileno es normal con la media 119.00 y la desviación estándar 4,547	Prueba de Kolmogorov – Smirnov para una muestra	2001,2	Retener la hipótesis nula

	La distribución de elongación es normal con la media 5,74 y la desviación estándar 2,646	Prueba de Kolmogorov – Smirnov para una muestra	2001,2	Retener la hipótesis nula
--	--	---	--------	---------------------------

Tabla 4.6. Resumen de pruebas de hipótesis planteadas a variables

Autor: Julio Fuentes (2024).

4.2. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos el desarrollo de una matriz polimérica reforzada con cáscara de maíz es un prototipo sostenible y rentable puesto a que resultados mostrados lo radican en sí.

En un caso de estudio se cita una matriz compuesta de albaca (*Ocimum basilicum*) y poliéster (Andres, 2018) y de una matriz polimérica reforzada con cascara de gandul (*cajanus cajan*), (Rivera & Albán, 2021) las cuales alcanzan valores de resistencia de 18 a 40 Kg/F y de 7 a 9 puntos en elongación de diferentes prototipos que lograron replicar. Por otro una matriz polimérica virgen muestra un valor promedio inferior de 4,64 kg/f de resistencia y 171% en peso de 100 g. (Benedezzo, 2019).

En el caso de la matriz reforzada con fibra de maíz sus prototipos si alcanzan una media de 20 kg/f en parámetros de resistencia y suma 9 puntos en porcentaje de elongación. Eso en los 3 prototipos creados, lo que muestra este material si contaría con buenas propiedades mecánicas frente a otras matrices reforzadas. La comparación directa de los datos revela que, si existe mejora significativa en la resistencia del material compuesto en comparación con la matriz polimérica sola, la matriz reforzada con albaca y la matriz reforzada con gandul.

Esta disparidad en los resultados subraya aún más la efectividad del refuerzo de cáscara de maíz en la matriz compuesta, lo que respalda la viabilidad de su aplicación en diversas industrias tales como en la de creación de pallets o de artículos deportivos.

CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

Entre los estudios de laboratorio que se le efectuaron a cada uno de los prototipos (ensayos de tensión – Deformación en maquina universal) se observó que las mejores propiedades mecánicas se alcanzan al añadir 32% de cascara en el caso del aumento de la resistencia y 29% para reforzar la propiedad de elongación, las cuales son significativas a valores esperados en base a estudios realizados.

Los resultados que se han notado tanto en la prueba de resistencia como de elongación mostraron diferencias considerables entre los datos analizados. Se observó que mientras aumenta el contenido de la cascara de maíz en los diferentes tratamientos (ver tabla 9) también se aumenta la resistencia haciendo valida la hipótesis nula.

Al realizar una comparativa de los resultados de los prototipos realizados se puede dar como resultado que el prototipo 3 que es el que contiene mayor porcentaje de cascara de maíz (35%) tiene la mayor resistencia. Mientras que el tratamiento número 1 que presenta menos cantidad de hojas de maíz (29%) contiene mayor característica de elongación

Se detalla entonces con finalidad que la adición de cascara de maíz Zea Mays a la matriz polimérica tienen resultados positivos puesto que si agregan características de elongación y resistencia a los prototipos creados. Estos resultados se dan de forma relevante para la creación de futuras aplicaciones.

5.2. RECOMENDACIONES

El polietileno adquirido debe mantenerse en un lugar despejado con temperaturas ambientes que oscilen los 26 a 28 ° C, sin contacto con el sol. La cáscara debe seleccionarse y someterse a una limpieza exhaustiva con el fin de mantener una inocuidad y uniformidad en todo el proceso de elaboración.

Se deben manejar instrumentos y reactivos correctamente calibrados con el fin de que se logre unos correctos resultados en la creación de los prototipos.

Se debe elaborar las probetas en recipientes antiadherentes con el fin que no exista adhesión ni dificultad del material compuesto en las esquinas.

Después de la etapa de fusión se debe realizar el moldeo de las probetas en una lámina de silicona para evitar un deformamiento y para conservar el grosor que se le va aplicar a la probeta.

Conservar las probetas en un ambiente fresco, libre de cualquier sustancia con el fin de prever cualquier situación que altere sus características mecánicas.

CAPÍTULO VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. Referencias bibliográficas

Alache, L., Vega, E., & Lizarde, J. (2020). Adaptación y eficiencia agronómica en el maíz amarillo duro ZEA MAYS L. en diferentes localidades de la costa central y norte del Perú. Dialnet, 260 - 271.

Anguiano, O., Galindo, A., Céspedes, R., Corral, F., & Facio, A. (2021). Polímeros reforzados con fibras naturales para su aplicación en la industria automotriz. Revista de Coahuila, 237 - 243.

BCE. (2018). Reporte de coyuntura del sector agropecuario. Quito: BCE.

Caicedo, O., Cadena, D., Galarza, E., & Solorzano, D. (2019). Permisibilidad del maíz Zea mays L. sometido a diferentes condiciones de inundación: Determinación del tiempo de drenaje en Babahoyo, Ecuador. Revista CTU, 67 - 75.

Cárdenas, J., Rojas, A., & Galviz, B. (2019). Cambios en la estructura química del polietileno de alta densidad al experimentar múltiples reprocesamientos. Dialnet, 111 - 124.

Cedeño, G., Crooks, K., Soto, M., Teran, N., & Walters, A. (2022). Conciencia ambiental frente al inadecuado manejo del plástico por el ser humano. Las enfermeras de hoy, 1 - 15.

CFN. (2021). Ficha sectorial del cultivo de maíz . Los rios- Ecuador: CFN.

Cornejo Martínez, C. (2020). Reducción de los desechos plásticos en Chile: Elementos para profundizar nuestra regulación. Revista de Derecho Ambiental, 97 - 125.

Cunalata, E., & Jiménez, c. (2019). Caracterización de un material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de yute precargada mediante moldeo por compresión. Ambato): Repositorio de la Universidad de Ambato.

De Titto, E., De Titto, G., & Savino, A. (2022). Plásticos: un mundo en expansión que requiere atención. ISALUD, 46 - 54 .

FAO. (n.a). Origen, evolución y difusión del maíz. Latinoamerica: FAO.

González, N., Silos, H., Estrada, J. C., & Chávez, J. (2016). Características y propiedades del maíz *Zea mays* L. criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Scielo Mexico*, 670 - 679 .

Guadalupe, A., Salazar, L., & Salazar, L. (2021). Evaluación del proceso de producción de ácido cítrico por fermentación con el uso de *Aspergillus niger*. *Dominio De Las Ciencias*, 1136 –1158.

Guadalupe, M., Salazar, K., & Salazar, K. (2021). Evaluación del proceso de producción de ácido cítrico por fermentación con el uso de *Aspergillus niger*. *Dialnet*, 1136-1158.

Guamán, R., Vera, T., Villavicencio, Á., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz *Zea mays* L. utilizando cuatro híbridos. *Scielo*, 48 - 55.

Guerrero, V., Rodríguez, M., & Villavicencio, G. (2013). Elaboración de Materiales de Matriz Polimérica Reforzados con Fibra de Vidrio Mediante el Método de Aspersión. *Revista Politecnica*, 37 - 42.

Guzmán Sánchez, M. A., Vélez Valencia, J. S., & Ríos Sossa, R. (2023). Caracterización de propiedades mecánicas de materiales compuestos de matriz de polietileno de alta densidad reforzados con fibras naturales para su aplicación en punteras de calzado de seguridad. *sennova*, 1 - 12.

Iglesias, S., Alegre, J., Salas, C., & Egüez, J. (2018). El rendimiento del maíz *Zea mays* L. mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Redalyc Perú*, 25 - 31.

INEC. (2022). Boletín de Prensa: Ecuador sigue importando miles de toneladas de desechos plásticos, sobre todo desde EEUU. Quito: INEC.

INEC. (2022). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Decentralizados parroquiales. *INCE*, 3 - 28.

Lambros, M., & Tran, T. (2021). Ácido cítrico: un excipiente farmacéutico multifuncional. *Pharmaceutics*, 1 - 13.

Mamani, J., & Echenique, M. (2021). Rendimiento de cuatro variedades de maíz *Zea Maíz* L. Establecidas en la estación experimental Sapecho, Alto Beni- Bolivia. *Scielo Bolivia*, 38 - 42.

Martillo, J. A., Lesme, R., Oliva, L. O., & Martínez, A. (2019). Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz Zea mays en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Redalyc/ Universidad de Oriente, 1 - 20.

Martillo, J., Lesme, R., Oliva, L., & Martínez, A. (2019). Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz Zea mays en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Redalyc / Tecnología Química.

Mera, Y. J., Rendón, A. V., Bernal, A. E., & Baque, L. A. (2020). Análisis De La Problemática Y Enfoque Entorno A La Elaboración De Envases Biodegradables A Partir De Subproductos Del Maíz. RIINN, 3 - 17.

Moreno, A., & Remache, A. (2021). Aplicaciones en la industria automotriz de materiales reforzados con fibra natural. Polo del conocimiento, 1 - 27.

Murcia Patiño, A. F., Sanguino, P. A., Jaimes Velandia, C., & Barrera, A. V. (2021). Polietileno de baja densidad LDPE. GRIIV, 1 - 5.

Paredes, J., & Jácome, A. (2019). Estudio de la configuración de fibras del material compuesto de matriz epoxi reforzada con fibra de piña y su incidencia en las propiedades mecánicas en la fabricación de butacas deportivas. Ambato: Repositorio de la Universidad de Ambato.

Penilla, M. E., & koot, Y. (2020). Nuestro mundo cubierto de plástico: de la movilidad global del plástico a las consecuencias y respuestas locales. Dialnet, 15.

Pérez, C., Riera, M., & Tonato, C. (2020). Estudio experimental sobre el corte con láser de CO2 a baja potencia, del compuesto de plástico reforzado con fibras naturales. Scielo, 1 - 14.

Posada, J., & Montes, E. (2022). Revisión: Materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. Dialnet , 1 -17 .

Química Unam . (2008). HOJA DE SEGURIDAD II HIDROXIDO DE SODIO . Ciudad de México: química Unam.

Quimipur . (2019). Ficha de datos de seguridad de sodio hidróxido a solución 30%. Lima, Perú: QUIMIPUR, S.L.U.

Quintana, J., Taranto, F., Moreria, M., & Parrales, M. (2022). Producción del *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscaras de maíz y leguminosas. *Agricultural Sciences UTEQ*, 13 - 16.

Rimieri, P. (2023). Historia y perspectivas del mejoramiento genético del maíz forrajero en la argentina. *Scielo Argentina*. 31 - 37.

Rivera, D., & Alban, J. (2022). Prototipo de material compuesto de matriz polimérica reforzada con fibras de CAJANUS CAJAN: diseño, caracterización y aplicación industrial. *Repositorio Espol* , 1 - 11.

Rivera, D., Quinto, J., & Gosende Perez, P. (2018). Prototipo de material compuesto de matriz polimerica reforzada con fibra vegetal. *Espol*, 3 - 11.

Roca, L., Tapia, D. L., Andrade, J. V., & Boluda, R. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. *Quito: axioma*.

Roca, L., Tapia, D., Andrade, & Boluda, R. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de ecuador. *Axioma* , 84 - 95 .

Salas, L., Gaucín, J., Preciado, P., & Gonzales, J. (2018). La aplicación de ácido cítrico incrementa la calidad y capacidad antioxidante de germinados de lenteja. *Scielo Mexico*, 4301 - 4306.

Velásquez Restrepo, S., Pelaéz Arroyave, G., & Giraldo Vásquez, D. (2016). Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. *Informador Tecnico* , 1 - 10.

Wiebeck, H. D. (2018). Predicción de la composición de la mezcla LDPE/HDPE mediante regresión CARS-PLS y espectroscopia Raman confocal. *Redalyc* , 1 - 7 .

6.2. Anexos



Ilustración 2: Proceso de limpieza y reforzamiento de la cáscara con ácido cítrico agua y NaOH.



Ilustración 2: Proceso de secado de la Cáscara.



Ilustración 3: Proceso de molienda de la cáscara.



Ilustración 3: *Proceso de pesado de la matriz polimérica y matriz vegetal.*



Ilustración 5: *Proceso de fusión del polietileno a 120° C.*



Ilustración 6: *Formación de las probetas con longitudes de 15 cm con espesor de 4 mm.*