

Diseño de un sistema para la producción de planchas biodegradables a base de la tusa de maíz (*Zea mays*)

Design of a system for the production of biodegradable plates based on corn stover (*Zea mays*)

Walter Jácome ^{1*}, Mercedes Moreira ², Edison Mancheno ³, Ariel Ullón ⁴ y Daniel Rodríguez ⁵

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/Ecuador; ,

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/Ecuador; mmoreira@uteq.edu.ec,

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/Ecuador; emanchenop@uteq.edu.ec,

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/Ecuador; ariel.ullon2016@uteq.edu.ec,

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/Ecuador; danielobra.rodriguez@uteq.edu.ec,

* Correspondence: wjacomev@uteq.edu.ec

Available from. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.102>

RESUMEN

En este artículo se propone una solución constructiva de materiales aislantes a partir de partículas de biomasa de residuos agrícolas, considerando el aglomerado de mazorca de maíz. Mediante pruebas experimentales, se determinó la cantidad de materia prima, densidades, resistencias y como factor de interés, el tiempo de secado, actividades del proceso productivo, diagrama de flujo, recursos humanos y equipos necesarios para llevar a cabo el proceso. Este trabajo tiende a la innovación, a la reducción del impacto ambiental y al aprovechamiento de la mazorca de maíz como materia prima para la obtención de un nuevo producto. La investigación adopta un enfoque exploratorio y descriptivo para evaluar la factibilidad de mitigar el impacto ambiental causado por la quema de la mazorca de maíz en el campo. Este estudio se centra en el desarrollo de láminas comprimidas biodegradables utilizando rastrojo de maíz como materia prima. El objetivo es determinar si el uso de estas láminas puede reducir el impacto medioambiental de la quema en el campo.

Además, este proyecto de investigación se presenta como una iniciativa innovadora que utiliza de forma integral los recursos disponibles en el sector agrícola. En este contexto, buscamos alinear esta propuesta con los principios de producción más limpia y sostenibilidad ambiental. El método utilizado es un diseño descriptivo no empírico combinado con un estudio cualitativo. El estudio pretende evaluar la conciencia cultural y ecológica del consumidor a la hora de comprar láminas ecológicas biodegradables comprimidas de base biológica.

Palabras clave: Aglomerado, mazorca de maíz, proceso, biomasa natural, medio ambiente.

ABSTRACT

This article proposes a constructive solution for insulating materials from agricultural waste biomass particles, considering the agglomerate of corn cob. Using experimental tests, the amount of raw material, densities, resistances and as a factor of interest, the drying time, activities of the productive process, flow diagram, human resources, and equipment necessary to carry out the process were determined. This work tends towards innovation, reducing environmental impact and taking advantage of the corn cob as raw material to obtain a new product. The research adopts an exploratory, descriptive approach to assess the feasibility of mitigating

the environmental impact caused by burning corn stover in the field. This study focuses on developing biodegradable compressed sheets using corn stover as raw material. The objective is to determine whether using these sheets can reduce the environmental impact of field burning.

Furthermore, this research project is presented as an innovative initiative that comprehensively uses the resources available in the agricultural sector. In this context, we sought to align this proposal with cleaner production principles and environmental sustainability. The method used is a non-empirical descriptive design combined with a qualitative study. The study evaluates consumers' cultural and ecological awareness when purchasing eco-friendly biodegradable compressed biobased sheets.

Keywords: Agglomerate, maize cob, process, natural biomass, environment

INTRODUCCIÓN

Entre las actividades de la sociedad de consumo, el aumento de la población y la extensión de las industrias, han generado un crecimiento en la producción de residuos, este material normalmente no tiene valor para quienes lo poseen a nivel agrícola y cuando se maneja de manera inadecuada puede causar algún tipo de contaminación ambiental y problemas a la salud, en la mayoría de los casos, los desechos no se reutilizan, sino que tan solo se queman o se arrojan a vertederos y ríos sin tratamiento previo, lo que contribuye a la degradación de los ecosistemas. La condición ambiental del planeta está movilizándolo a grandes y pequeñas empresas a elaborar, desarrollar y aplicar diferentes estrategias para lograr una adecuada gestión de los residuos.¹

La calidad de los resultados experimentales es una preocupación de los investigadores al realizar sus trabajos de investigación, sean estos a nivel de campo o laboratorio, para decidir si los datos obtenidos son confiables y aceptar o no la validez de los mismos²

El maíz es un cereal originario de América, cuya importancia en la alimentación humana ha permitido el desarrollo de las culturas peruanas como Chavín, Nazca, Paracas, Chimú y del imperio Incaico, así como de los Mayas en Guatemala y los Aztecas en México. Se puede considerar al maíz como la base de la alimentación de las culturas americanas. Posteriormente, con el descubrimiento de América, este cereal fue difundido a los demás continentes.³

La fabricación de tablas comprimidas se conoce como maderas prefabricadas que se empezó a utilizar aproximadamente hace 15 años, se utiliza pulpa de madera que con algunos procesos se convierte en tableros comprimidos, el crecimiento de su producción es acelerado en la actualidad, a nivel mundial se fabrican más de un millón de metros cúbicos, setenta y cinco mil toneladas, con las repercusiones que tienen en la deforestación. Actualmente, “la condición ambiental del planeta está movilizándolo a grandes y pequeñas empresas a elaborar, desarrollar y aplicar diferentes estrategias para lograr una adecuada gestión de residuos”⁴

El presente proyecto ha tenido como principal motivación contribuir a salvar el planeta del daño que está sufriendo, por ello se ha buscado sustituir un producto hecho de plásticos convencionales y usado mayormente por la población mundial como descartable, por uno nuevo que este hecho de un recurso natural, como la fécula de maíz, para que sea biodegradable y por lo tanto amigable con el ambiente.⁵ el cual pretende dar respuesta a la pregunta ¿con la propuesta de aglomerado de tusa de maíz se mejorará la conservación del medio ambiente a partir del planteamiento de un proceso para el desarrollo de planchas comprimidas biodegradables a base de tusa de maíz?

El objetivo de este trabajo es diseñar un sistema para la producción de planchas biodegradables a base de la tusa de maíz, para poder cumplir este objetivo necesitamos establecer los parámetros de calidad en cuanto a productos biodegradables, poder identificar las actividades y maquinarias necesarias dentro del proceso de producción y finalmente proponer flujogramas y distribución de la planta para el proceso de producción.

Durante los últimos años, el aumento de las preocupaciones medioambientales ha dado como resultado un fortalecimiento de diversas regulaciones destinadas a reducir la cantidad de residuos de empaques o envases tradicionales. Gracias a esto, se ha logrado un progreso significativo en el desarrollo tecnológico de alternativas a los materiales de lenta degradación⁶

Los productos biodegradables representan una alternativa para disminuir la contaminación del ecosistema, ya que el uso de los envases plásticos que son fabricados a partir de derivados del petróleo como el polietileno, causan problemas de salud al consumir alimentos y bebidas en este tipo de envases. Los productos no biodegradables como los plásticos, telas y materiales sintéticos necesitan cientos de años para desaparecer, desprenden sustancias tóxicas y son muy contaminantes para el medio ambiente.⁷ En consecuencia, esto representa una oportunidad para que estos productos se posicionen y se conviertan líderes en el mercado. Sin embargo, existe un desconocimiento sobre las tecnologías dedicadas al diseño y fabricación de planchas comprimidas, como también de los diferentes tipos que existen y cuáles son sus características.

Cuando se habla de materiales no biodegradables nos referimos a productos que no tienen materiales de origen orgánico, sino que son producto del hombre como plásticos y demás tejidos o materiales sintéticos y por lo tanto no se va a descomponer, por lo tanto, si acaban en la basura se acumularán y dañarán el medio ambiente. Es recomendable utilizar productos que sean biodegradables, que pueden ser destruidos por los microorganismos estos brindan seguridad y bienestar a nuestro planeta al no producir residuos tóxicos o químicos cuando se descomponen lo que ayuda a no contribuir al efecto invernadero o son reciclados para volver a usarse.⁷

Desde el punto académico es una oportunidad para dar a conocer los beneficios que trae consigo la tusa de maíz y sus múltiples aplicaciones en la industria, buscando así impulsar más ideas innovadoras con un enfoque de responsabilidad social, ambiental y económica. En cuanto a los requerimientos para el planteamiento del proceso de desarrollo de planchas comprimidas es necesario abordar y analizar los biopolímeros las cuales se utilizan en la industria, así como, profundizar en el proceso de la obtención de la materia prima y las tecnologías implicadas en este proyecto.

En la actualidad no se alcanza a dimensionar en su totalidad el impacto ambiental causado por la contaminación por desechos de caña, hoja, limbo y mazorcas entre otros, los cuales al quemarlos contaminan el medio ambiente.⁸ El maíz (*Zea mays* L.) y sus parientes más cercanos, los teocintles (*Zea* spp.), son miembros de la tribu Maydeae, de la Subtribu Tripsacinae y de la familia Poaceae. El número cromosómico es $2n = 20$ para el maíz y todas las especies anuales de teocintle; existen dos especies perennes de teocintle, una diploide y una tetraploide.⁹

En Ecuador, muy pocas empresas se “dedican al desarrollo y producción de productos desechables biodegradables que contribuyan de una forma u otra a la reducción de la contaminación ambiental”.⁸ Los residuos de cultivo de maíz, también conocidos como rastrojo consiste en hojas, tallos y mazorcas de planta de maíz que quedan en un campo después de la cosecha. Ese rastrojo constituye aproximadamente la mitad del rendimiento de un cultivo de maíz y es similar a la paja de otros pastos de cereales. La tusa de maíz es un residuo o subproducto agrícola importante que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de tusa. La magnitud se ve afectada por las variedades de maíz. Las tusas que contienen hemicelulosas son las más altas (12,4%), en comparación con el contenido de otros productos agrícolas¹⁰

MATERIALES AND METODOS

El tratamiento de residuos sólidos es una necesidad y una responsabilidad de todos los estados a nivel global, ya que estos representan una de las amenazas a las cuales se enfrenta el ambiente, que es el encargado de satisfacer nuestras necesidades presentes y futuras.

Construcción del prototipo. - para construir un prototipo, se utilizó un proceso de aprendizaje de prueba, que consiste en realizar varias pruebas de medición y análisis de parámetros, hasta obtener el prototipo deseado y final que se procederá a recomendar.

Materiales para realizar el experimento. – se enunció los materiales que se agregaron a la principal materia prima que es la tusa de maíz. Además de los siguientes materiales: Resina sintética (varios tipos); Trozos en varias dimensiones de tusa de maíz

Los equipos que se optaron para la obtención del prototipo: Máquina de secado; Máquina para triturar las tusas; Máquina de mezclado; Máquina prensadora; Horno industrial.

La humedad es la cantidad de vapor de agua o cualquier otro líquido presente en la superficie o en el interior de unas planchas comprimidas. Después de la producción del prototipo, se realizarán las pruebas pertinentes en el mismo para confirmar su calidad. Por eso como variable a medir es el tiempo de secado, con la cual se diseña un proceso de elaboración de tableros comprimidos a base de este residuo, una de las herramientas metodológica, para la toma de decisión, está basada en un análisis estadístico a través de software como el Minitab, para realizar un análisis de varianza para hallar diferencia significativa entre las medias, de rechazarse la hipótesis nula, recurriremos a un estudio de diseño experimental por el método TUKEY con una significancia del 0,05 %. Y podemos dividirlos en las siguientes etapas, las diversas actividades de la metodología a utilizar:

Establecer los parámetros de calidad según la norma INEN 3110 – 2016 en cuanto a productos biodegradables. Prueba de un diseño experimental. Identificar las actividades de la maquinaria necesaria dentro del proceso de producción de tableros comprimidos a base de tusa de maíz. Proponer flujogramas y distribución de planta para el proceso de producción de tableros comprimidos a base de tusa de maíz, con una simulación del programa Flixin.

Establecimiento de parámetros de calidad según la norma INEN 3110 – 2016 en cuanto productos biodegradables.

Para este trabajo se planteó como objetivo la norma INEN 3110 – 2016 para establecer los requisitos de calidad y los métodos de prueba para la elaboración de los tableros aglomerados mediante la tusa de maíz. Estos tableros están elaborados a partir de una composición seleccionada de mazorca de maíz que aportan la densidad óptima exigida por las normas establecidas según los parámetros de calidad de cualquier tipo de decoración. En la norma INEN 3110 – 2016 se documenta en su totalidad o en partes para que sean indispensables para la aplicación de los tableros aglomerados para este efecto se adoptan la humedad, el molido, el ensamblado para así cumplir los requisitos del tablero.

Se utilizó cálculos fundamentales de la geometría y la física como:

Volumen

El cálculo del volumen se realizó mediante la siguiente ecuación 1:

$$V = l \times a \times e$$

Dónde:

l: largo (cm)

a: ancho (cm)

e: espesor (cm)

Reemplazando los valores de las condiciones iniciales se tiene el volumen del tablero aglomerado aislante:

$$V = 30 \times 30 \times 2$$

$$V = 1800 \text{ cm}^3 \rightarrow 0.0018 \text{ m}^3$$

Densidad

La densidad y el comportamiento térmico están relacionados, de tal manera que la ausencia de porosidad supone un incremento de densidad, a una mayor densidad supone una reducción de la porosidad y esto conlleva una mayor conductividad térmica. Por lo que el valor de la conductividad térmica depende de la densidad y porosidad.¹¹

Ante esta premisa y en conjunto con la densidad comercial se toma el valor de la densidad a priori, enfocándose en un valor referencial de 500 K, el cual estará sujeto a modificación ya que se comprobará al final de la construcción del tablero.

Sin embargo, para tener un valor más específico de acuerdo con la naturaleza de las biomásas, se calcula la densidad con respecto a los valores de la masa determinada, con la siguiente ecuación 2:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

m: masa (kg)

v: volumen (m³)

Las variables independientes para el diseño del modelo constructivo son: porcentaje de biomasa (50%), porcentaje de adhesivo (50% y 30%) y tamaño de partícula (Gruesa 100% y gruesa-media (50/50)).

RESULTADOS

Dimensiones

En este diseño experimental se toman en cuenta las condiciones primarias de las investigaciones bibliográficas, se establecen los valores de largo y ancho de los tableros de aglomerados estableciendo la norma de calidad INEN 3110-2016¹², con el espesor 2 cm que se considera de acuerdo con las medidas de mercado y basándonos en investigaciones con principios de construcción de tableros de aglomerados.

Dimensiones (cm)	
Largo	30
Ancho	30
Espesor	2

Tabla 1. Dimensiones del tablero aglomerado

A continuación, detallamos la cantidad de materia prima requerida. Para llegar a esta conclusión, se realizó varias pruebas con la materia prima y adhesivos específicos para simular el proceso de fabricación de tableros prensados a base de mazorca de maíz. Se realizaron pruebas para obtener el aglomerado de la tusa de maíz con los datos que se muestran a continuación.

Descripción	Criterio
Tusa de maíz	1361 (gr)
Agua	500 (ml)
Temperatura	90 (°C)
Engrudo (resina)	1500 (ml)

Tabla 2. Cantidad de materia prima requerida

A continuación, se describe las cantidades de materia prima de las pruebas realizadas para la obtención del producto final, donde el factor de interés es el tiempo de secado, variando la tusa de maíz y la resina o engrudo.

Experimento # 1		
Insumo	Cantidad	Tiempo de secado (horas)
Tusa de maíz molida	1361 gr	
Agua	500 ml	
Blancola	1500 ml	22,5
Carpincol MR-60	1500 ml	15,5
Blancola 50% y Carpincol MR-60	1500 ml	33
Resistol 850	1500 ml	31

Tabla 3. Proceso de fabricación de tableros 1

En la elaboración del experimento # 1 se utilizó 1361 gramos de tusa de maíz molida, agregándole 500 mililitros de agua, se experimentó con cuatro tipos de engrudo o aditivo para poder medir mi factor de interés que es el tiempo de secado

Experimento # 2		
Insumo	Cantidad	Tiempo de secado (horas)
Tusa de maiz tritustrada	1361 gr	
Agua	500 ml	
Blancola	1500 ml	20,5
Carpincol MR-60	1500 ml	16
Blancola 50% y Carpincol MR-60	1500 ml	30,5
Resistol 850	1500 ml	32

Tabla 4. Proceso de fabricación de tableros

Así mismo se procedió a experimentar de forma aleatoria, con las variedades de resinas o pegamentos, con las formas de la tusa (molida, tritustrada y mixta).

Experimento # 3		
Insumo	Cantidad	Tiempo de secado (horas)
Tusa de maiz (mixta)	1361 gr	
Agua	500 ml	
Blancola	1500 ml	23
Carpincol MR-60	1500 ml	18
Blancola 50% y Carpincol MR-60	1500 ml	26
Resistol 850	1500 ml	28,5

Tabla 5. Proceso de fabricación de tableros 3

Se analizó los distintos engrudos o aditivos que se utilizaron como pegamento a diferentes tipos de triturado de la tusa de maíz, y se documentaron los tiempos de secados en un resumen en la siguiente tabla:

	Blancola	Carpincol MR-60	Blancola al 50 % y Carpincol MR-60	Resistol 850
Tusa molida	22,5	15,5	33	31
Tusa tritustrada	20,5	16	30,5	32
Tusa mixta (molida y tritustrada)	23	18	26	18,5

Tabla 6. Resumen de los experimentos y los dos factores

Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza para evidenciar si había diferencias significativas entre las medias de mis factores. Utilizando una hoja de Excel. Mediante un análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo se obtuvo.

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Tusa molida	4	102	25,5	65,1666667
Tusa triturada	4	99	24,75	60,0833333
Tusa mixta (molida y triturada)	4	95,5	23,875	20,3958333
Blancola	3	66	22	1,75
Carpincol MR-60	3	49,5	16,5	1,75
Blancola al 50 % y Carpincol MR-60	3	89,5	29,8333333	12,5833333
Resistol 850	3	91,5	30,5	3,25

Tabla 7. Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Gl	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tipos de tusa	5,29166667	2	2,64583333	0,47565543	0,64306314	5,14325285
Tipos de engrudo o resina	403,5625	3	134,520833	24,1835206	0,00094652	4,75706266
Error	33,375	6	5,5625			
Total	442,229167	11				

Tabla 8. Análisis de varianza de dos factores

En el resumen del análisis de varianza, el criterio es que el valor F deba ser mayor al valor crítico para F, de esa manera se rechaza la H_0 (hipótesis nula), se parte en dicha hipótesis que no hay diferencias significativas entre las medias.

De acuerdo a lo que se ha realizado, se debe rechazar la hipótesis nula de los tipos de engrudo o resinas, se cree que al menos una de las medias es diferente, y esto lo se evidenció mediante una prueba TUKEY, en el programa Minitab.

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Medias				
Tipos de Resina	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Blancola	3	22	1,323	(19,073; 24,927)
Carpincol MR-60	3	16,5	1,323	(13,573; 19,427)
Mixto (bla-carp)	3	29,83	3,55	(26,91; 32,76)
Resistol 850	3	30,5	1,8	(27,57; 33,43)
Desv. Est. agrupada =	2,19848			

Tabla 9. Resumen de las medias del Minitab

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%				
Tipos de Resina	N	Media	Agrupación	
Resistol 850	3	30,5	A	
Mixto (bla-carp)	3	29,83	A	
Blancola	3	22		B
Carpincol MR-60	3	16,5		B
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.				

Tabla 10. Resumen de Minitab método Tukey

En el diseño experimental que se realizó ninguna de las medias son significativamente iguales pero pudimos evidenciar que los aditivos o resinas que tienden a reducir el tiempo de secado son la blancola y el Carponcol MR -60.

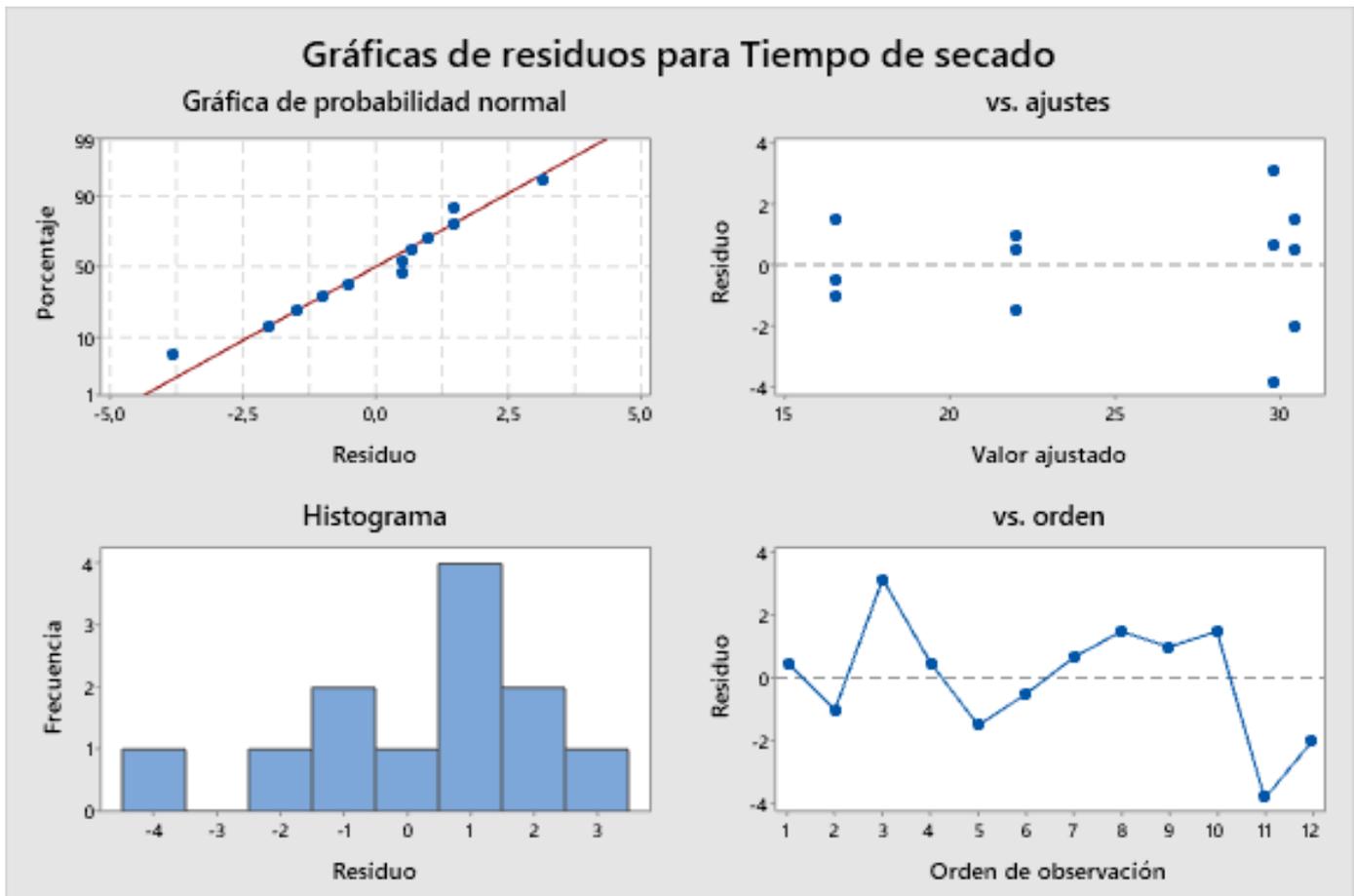


Figura 1. Residuos para tiempo de secado

Dentro de los gráficos de residuos se evidencia nuestro factor de interés que es el tiempo de secado esto se logró en el Minitab

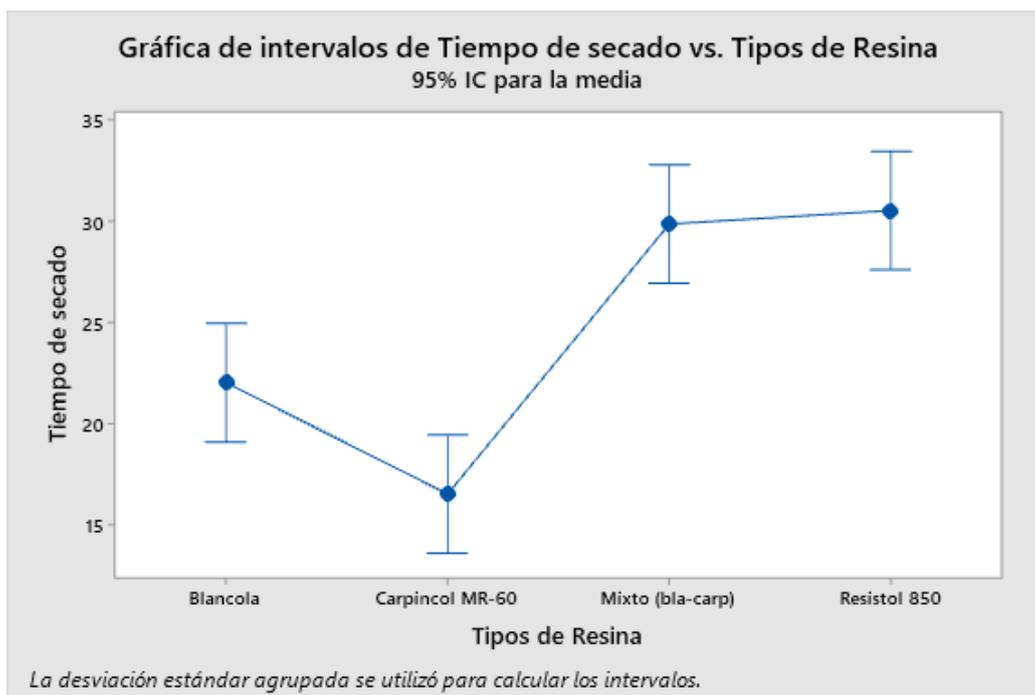


Figura 2. Gráfico de intervalos de tiempo de secado Vs. tipos de resina. Intervalos de tiempo de secado Vs. tipos de resina

Descripción de las etapas del proceso de producción

Preparación de la tusa de maíz.

De acuerdo con la dosificación planteada, se pesa la cantidad de tusa de maíz. Seguido en un recipiente se coloca la tusa molida y el carpincil MR-60, se mezcla hasta obtener una masa homogénea

Preparación del aglomerado.

pesamos la cantidad correspondiente del carpincil MR-60 y agua, luego se mezcla en un recipiente.

Mezclado

En esta etapa se mezcla las dos preparaciones de aglomerado con la biomasa, luego se coloca la biomasa en el recipiente, para mejor mezcla, solo la mitad de la cantidad a depositar. Se vierte la mezcla de la tusa de maíz previamente preparada, se mezcla uniformemente las dos muestras. Adiciona la cantidad restante de la biomasa, colocamos la mezcla del carpincil MR-60 previamente elaborada, así hasta obtener una mezcla homogénea.

Formación del tablero.

En esta etapa la mezcla es colocada en el molde de acero, para pasar a la etapa del prensado. Es necesario preparar al molde para evitar que la mezcla se pegue en la superficie del molde. Para la formación del tablero se necesita como requisito previo el molde y su preparación.

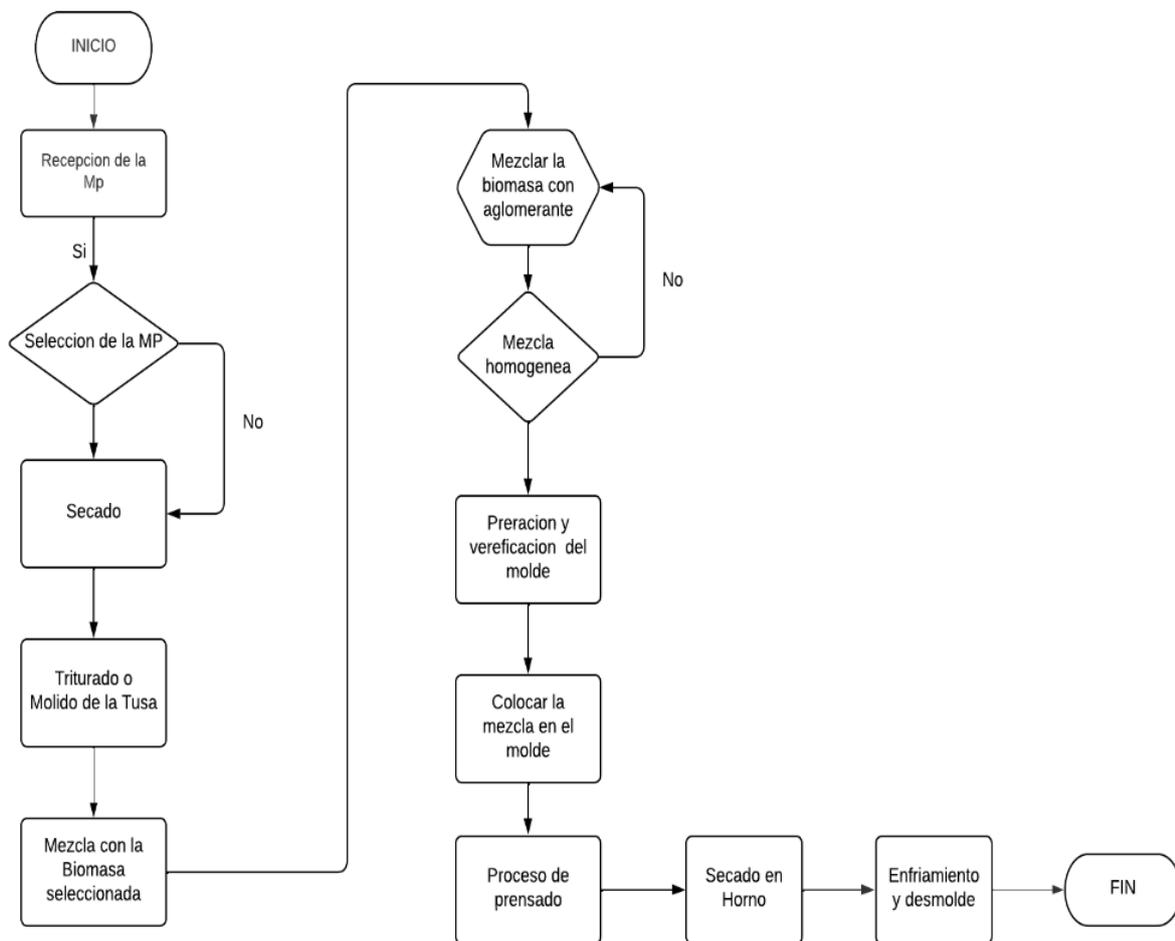


Figura 3. Flujograma del proceso de producción de tableros aglomerados a base de la tusa de maíz

Distribución de planta mediante la simulación Flexsim

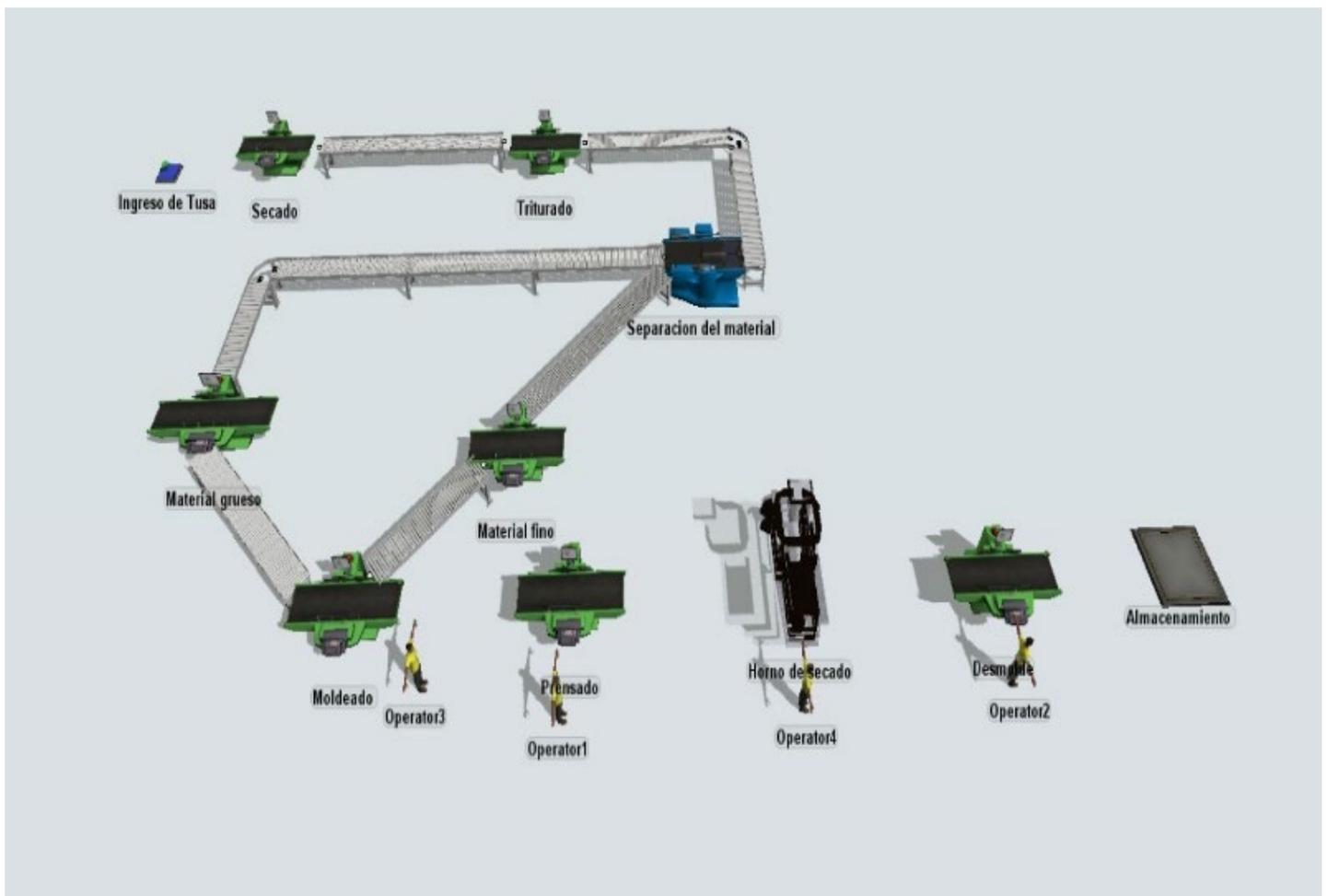


Figura 4. Distribución de planta mediante la simulación FlexSim

Por medio del software FlexSim se puede visualizar cada uno de los procesos en la planta de producción de tableros aglomerados a base de la mazorca de maíz.

En el inicio se puede visualizar el ingreso de materia prima (tusa de maíz), pasando por el proceso de secado y triturado de la mazorca, el cual pasa por una separación de partículas de grano fino y grueso, para la formación del aglomerado se utiliza un molde de 30 x 30 con 2 cm de espesor, luego se procede al prensado por un tiempo de 2 horas, el operador procede a transportar el molde del aglomerado al horno con un tiempo de secado de 2 horas a una temperatura de 90°C, una finalizado el proceso de secado se procede a retirar la lámina de aglomerado y posterior mente se la lleva a almacenamiento.

DISCUSIÓN

Este enfoque se orienta hacia la innovación y la reducción del impacto ambiental. La utilización de la mazorca de maíz como materia prima demuestra un claro compromiso con el aprovechamiento de recursos disponibles en el sector agrícola, en sintonía con los principios de producción más limpia y sostenibilidad ambiental. Los residuos de cultivo de maíz, también conocido como rastrojo consiste en hojas, tallos y mazorcas de planta de maíz, que quedan en campo después de la cosecha. Este rastrojo constituye aproximadamente la mitad del rendimiento de un cultivo de maíz y es similar a la paja de otros pastos de cereales.¹³ A nivel mundial, sin valorar la madera de las podas de árboles frutales y la biomasa procedente de la limpieza de los bosques, la mayor parte de la biomasa está constituida por pajas cereales y tallos de maíz.¹⁴ La propuesta busca transformar un subproducto agrícola en un nuevo producto con valor añadido, contribuyendo así a la disminución de los

residuos agrícolas y su potencial impacto negativo. Como consecuencia de la sostenibilidad y sustentabilidad, es que surge esta aplicación en distintos sectores económicos.¹⁵

Al igual que otros trabajos se valida este trabajo con la experimentación, basado en un proyecto de análisis comparativo que tenga en cuenta, la amortiguación acústica, la sostenibilidad del proceso, la repercusión económica, se demostró que la tusa de maíz es un aislante acústico en la fabricación de paneles y tableros a base de este material.¹⁶

Las recientes investigaciones que se han llevado a cabo para poder realizar con los desechos del maíz, ya sea para preparar combustibles con base de biomasa residual de procesos agroindustriales, varios han sido los autores que, a partir de los residuos, producen combustibles, de las cuales podemos destacar de la fabricación del papel, el aserrín, las cascarillas de arroz, maní las fibras de coco, de palma entre otros.¹⁷ Demuestran que las investigaciones de este tipo son más frecuentes y contribuyen al desarrollo científico.

El método empleado en este estudio es una combinación de diseño descriptivo no empírico y un enfoque cualitativo. Además de analizar aspectos técnicos y de producción, el artículo también busca evaluar el nivel de conciencia cultural y ambiental del consumidor en relación con la adquisición de productos biodegradables y eco-amigables. Esta consideración refleja la importancia de la percepción y aceptación del mercado en la implementación exitosa de soluciones sostenibles.

Dentro del marco de este tipo de análisis se encuentra el método de Tukey, creada por John W. Tukey. La cual consiste en la comparación de los promedios para todos los pares de tratamientos posible.¹⁸ Se describen fundamentos de los diseños experimentales del uso común, tales como el diseño completamente aleatorio (método usado). Una característica común de los experimentos en muchas disciplinas es cuando se repiten estos experimentos, los resultados de los tratamientos varían de un ensayo a otro.¹⁹

En resumen, el artículo presenta una propuesta valiosa y práctica que responde tanto a la innovación tecnológica como a la responsabilidad ambiental. La adopción de esta solución podría contribuir significativamente a la creación de un entorno más sostenible, al mismo tiempo que abre nuevas perspectivas en el campo de la investigación y el desarrollo de materiales aislantes a partir de recursos agrícolas residuales.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la factibilidad y el potencial de emplear partículas de biomasa agrícola, como el aglomerado de la mazorca de maíz, para fabricar materiales aislantes. Mediante pruebas experimentales y análisis rigurosos, se ha establecido una base sólida para desarrollar un nuevo producto con características técnicas y ambientales prometedoras, resaltando la importancia de considerar tanto los aspectos técnicos como las percepciones de los consumidores hacia productos eco-amigables. Esta metodología, que fusiona un diseño descriptivo no empírico con un enfoque cualitativo, resulta crucial para asegurar la exitosa implementación de soluciones innovadoras en el mercado y promover prácticas más conscientes y sostenibles. En resumen, este trabajo contribuye significativamente al avance de la investigación en materiales aislantes y sostenibilidad ambiental, al demostrar la viabilidad técnica y ambiental de utilizar la mazorca de maíz como materia prima para crear productos biodegradables, allanando así el camino para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas con potencial positivo tanto en la industria como en la preservación del entorno.

Contribuciones de los autores: Conceptualización, WJ; metodología, EM; software y validación, MM; análisis formal, AU; escritura, revisión y edición, DR. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: No aplica.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional: No aplica.

Declaración de consentimiento informado: No aplica.

Declaración de disponibilidad de datos: No aplica.

Agradecimientos: Universidad Técnicas Estatal de Quevedo y Empresas Comerciales del Cantón Quevedo.

Conflictos de interés: Los autores de este estudio declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. León Bolaños, N. V. Propuesta de instrumentos de política pública que promuevan la protección y cuidado ambiental en la gestión empresarial del Ecuador. (puce, 2015).
2. Bowman, D. T. & Rawlings, J. O. Establishing a rejection procedure for crop performance data. *Agron J.*, 87, 147–151 (1995).
3. Masaquiza Chimbolema, J. C. Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays*) en relación con la aplicación de biodegradables en el sector la isla, cantón cumandá. (universidad técnica de ambato, 2016).
4. León Bolaños, N. V. Propuesta de instrumentos de política pública que promuevan la protección y cuidado ambiental en la gestión empresarial del Ecuador. (pontificia universidad católica del Ecuador, 2015).
5. García, L., García, A., Olaya, P., Rosas, G. & Vignolo, D. diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz. Pirhua (2019).
6. Bravo, I. & Urgilés, J. estudio general de vigilancia tecnológica: empaques verdes.
7. Riofrio Álvarez, C. I., Oviedo Navarrete, C. M. & Navarro Cedeño, D. M., Importancia de productos biodegradables en Ecuador. observatorio de la economía latinoamericana (2019).
8. Rico González Carmen María; Romero Escamilla Sandra Milena. “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, 2019).
9. González, J. de J. S. Diversidad del maíz y teocintle.
10. Córdoba, J. A. et al. caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas. *Rev Latinoam Quim* 41, 171–184 (2013).
11. Castells, X. E. reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. (ediciones Díaz de Santos, 2012).
12. Andrade Chávez, V. T. Louver de fibra de coco y aserrín aglomerados con resina. (Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2022).
13. Domínguez Arteaga, S. G. I. Z. K. Fabiola. uso de los residuos del cultivo de maíz (*Zea mays*), como alternativa sostenible para la elaboración de bloques. (Espam MFL, 2018).
14. Rodríguez Monteagudo, M. Evaluación de materiales compuestos por inyección a partir de fibras procedentes de la biomasa de maíz (*Zea mays* L.) y polipropileno. (2015).
15. Rojas González, L. M. Aprovechamiento de la cáscara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción sostenible. (universidad del bosque, 2019).
16. García Vidaurrázaga, M. D. Fabricación de aglomerados de carozo de maíz y sus características absorbentes. (2013).
17. Sandoval, J. D. Tusa del maíz: una fuente de energía renovable. *Universitas científica* 16, 62–65 (2013).
18. Quesada, D. G., Obando, J. S. & Montero, A. V. Impacto del desbalance en los tamaños de muestra por tratamiento sobre el desempeño de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. *Serengueti* 38 (2019).
19. Badii, M. H., Rodríguez, M. C., Wong, A. & Villalpando, P. diseños experimentales e investigación científica. *Innovaciones de Negocios* 4, (2007).

Received: 25 June 2023 / Accepted: 26 August 2023 / Published: 15 September 2023

Citation: Walter J, Moreira M, Mancheno E, Ullón A y Rodríguez D. Diseño de un sistema para la producción de planchas biodegradables a base de la tusa de maíz (*Zea mays*). *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 102. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.102>

Publisher's Note: Bionatura stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).