



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i2.3838>

Ciencias Agrarias y Ambientales
Artículo de Investigación

*Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas
biodegradables*

*Coconut fiber as an agro-industrial waste product for the production of
biodegradable flower pots*

*Fibra de coco como resíduo agroindustrial para a produção de vasos de flores
biodegradáveis.*

Antony Javier Briones Bermeo ^I
antony.briones@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-7281-2393>

Josue Salvador Verduga Erazo ^{II}
Josue.verduga@espam.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-5443-1942>

Correspondencia: antony.briones@espam.edu.ec

* **Recibido:** 23 de abril de 2024 * **Aceptado:** 5 de mayo de 2024 * **Publicado:** 20 de mayo de 2024

- I. Estudiante de Ingeniería Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, Manabí, Calceta, sitio El Limón. Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López: Calceta, Manabí, EC

RESUMEN

En un mundo donde la preservación del medio ambiente se ha convertido en una prioridad innegable, es crucial explorar opciones sustentables y amigables para tratar los residuos agroindustriales y así reducir el impacto ambiental. En este contexto, el presente estudio investigó la viabilidad de utilizar fibra de coco para fabricar macetas biodegradables. Para ello, se llevó a cabo un experimento con tres tipos de tratamientos a base de fibra de coco, almidón de maíz y vinagre en distintas concentraciones, todos evaluados estadísticamente mediante un ANOVA y el test de Tukey. Los resultados obtenidos mostraron un impacto significativo, tanto a nivel estadístico como práctico. El tratamiento T3 exhibió la mayor resistencia mecánica, con valores de 0.32 kN (compresión) y 0.71 kN (tracción). El tratamiento T2 presentó la mayor capacidad de absorción de agua inicialmente (46%), pero luego las macetas del tratamiento T3 superaron a las del tratamiento T1 en absorción. En cuanto a la degradación, el tratamiento T2 destacó con un 46% de degradación, seguido por T1 (18.88%) y T3 (10.75%). En conclusión, las macetas biodegradables fabricadas con fibra de coco en el tratamiento T3 exhibe la mayor resistencia mecánica, con valores de 0.32 kN (compresión) y 0.71 kN (tracción), así como una capacidad de absorción de agua que supera a la del tratamiento T1 a lo largo del tiempo, lo que lo posiciona como la opción más adecuada para aplicaciones que necesitan una combinación de durabilidad y retención de agua a largo plazo.

Palabras clave: Macetas biodegradables 1, Fibra de coco 2, Resistencia mecánica 3, Degradación 4.

ABSTRACT

In a world where environmental preservation has become an undeniable priority, it is crucial to explore sustainable and environmentally friendly options to treat agro-industrial waste to reduce environmental impact. In this context, the present study investigated the feasibility of using coconut fibre to make biodegradable pots. For this purpose, an experiment was carried out with three types of treatments based on coconut fibre, corn starch and vinegar in different concentrations, all statistically evaluated by means of ANOVA and Tukey's test. The results obtained showed a significant impact, both statistically and practically. Treatment T3 exhibited the highest mechanical strength, with values of 0.32 kN (compressive) and 0.71 kN (tensile). Treatment T2 had the highest water absorption capacity initially (46%), but later the pots of treatment T3 surpassed those of treatment T1 in water absorption. In terms of degradation, treatment T2 stood out with 46% degradation, followed by T1 (18.88%) and T3 (10.75%). In conclusion, biodegradable pots made from coconut fibre in treatment

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

T3 exhibit the highest mechanical strength, with values of 0.32 kN (compression) and 0.71 kN (tensile), as well as a water absorption capacity that exceeds that of treatment T1 over time, positioning it as the most suitable option for applications that need a combination of durability and long-term water retention.

Keywords: Biodegradable pots 1, Coconut fibre 2, Mechanical resistance 3, Degradation 4.

RESUMO

Num mundo onde a preservação ambiental se tornou uma prioridade inegável, é crucial explorar opções sustentáveis e amigas do ambiente para o tratamento de resíduos agroindustriais e, assim, reduzir o impacto ambiental. Neste contexto, este estudo investigou a viabilidade da utilização de fibra de coco para o fabrico de vasos biodegradáveis. Para tal, foi realizada uma experiência com três tipos de tratamentos à base de fibra de coco, amido de milho e vinagre em diferentes concentrações, todos avaliados estatisticamente através de ANOVA e teste de Tukey. Os resultados obtidos mostraram um impacto significativo, tanto estatística como praticamente. O tratamento T3 apresentou a maior resistência mecânica, com valores de 0,32 kN (compressão) e 0,71 kN (tração). O tratamento T2 apresentou inicialmente a maior capacidade de absorção de água (46%), mas, posteriormente, os vasos do tratamento T3 superaram os do tratamento T1 em absorção. Em relação à degradação, o tratamento T2 destacou-se com 46% de degradação, seguido do T1 (18,88%) e T3 (10,75%). Em conclusão, os vasos biodegradáveis feitos com fibra de coco sob o tratamento T3 apresentam a maior resistência mecânica, com valores de 0,32 kN (compressão) e 0,71 kN (tração), bem como uma capacidade de absorção de água superior à do tratamento T1 ao longo do tempo. Isto torna-os a opção mais adequada para aplicações que exigem uma combinação de durabilidade e retenção de água a longo prazo.

Palavras-chave: Vasos biodegradáveis 1, Fibra de coco 2, Resistência mecânica 3, Degradação 4.

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la preocupación por el medio ambiente se ha convertido en una prioridad ineludible, es imperativo que se busquen alternativas sostenibles y respetuosas con la ecología para minimizar el impacto ambiental de las actividades productivas (Maertens, 2021). Según datos recopilados por Navarro (2023) América Latina ha contribuido significativamente a la producción

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

global de coco, aportando aproximadamente un 10,5% del total mundial, con una tendencia de crecimiento constante.

Sin embargo, en muchas regiones del Ecuador, como la parroquia rural Río Chico en Ecuador, la gestión inadecuada de los residuos derivados de la cosecha de coco ha llevado a una acumulación considerable de desechos (Zambrano y Guerrero, 2022). La fibra de coco, conocida como "bonote," es el material fibroso que se halla entre la cáscara dura y la cáscara exterior del coco, estimándose que más del 70% de este subproducto no se aprovechan eficazmente (Basurto y Vera, 2022).

La acumulación de residuos de fibra de coco en la parroquia rural de Río Chico plantea desafíos significativos en términos medioambientales y de salud pública. La falta de una gestión adecuada de estos residuos puede conllevar a la proliferación de mosquitos y plagas, la generación de malos olores, la contaminación de los suelos y fuentes de agua (Ayilara et al., 2020; Ozoh et al., 2021), que impactan negativamente en la calidad de vida de los habitantes.

Además, según Ali (2020) la falta de aprovechamiento de los residuos de coco representa una oportunidad perdida para generar ingresos y fomentar el desarrollo económico local. La fibra de coco posee un inmenso potencial en diversas industrias, relacionadas a la fabricación de colchones, almohadas, esteras, cuerdas y cepillos (Hasan et al., 2021). Sin embargo, gran parte de esta fibra se desperdicia debido a la carencia de infraestructura adecuada para su recolección y procesamiento (Tawasil et al., 2021).

En este contexto, emerge la importancia de la fibra de coco como un valioso residuo agroindustrial (De Azevedo et al., 2022). La utilización de esta fibra en la creación de macetas biodegradables ofrece beneficios sustanciales desde el punto de vista medioambiental, puesto que éstas se descomponen de manera natural en un tiempo promedio de 90 a 120 días sin dejar residuos dañinos en el entorno (Nunes et al., 2020).

Adicionalmente, esta fibra posee propiedades favorables para la retención y el drenaje del agua lo que propicia un crecimiento saludable de las plantas (Putri et al., 2022; Atoshi y Gani, 2023). Esto cobra especial relevancia si se considera que las macetas convencionales de plástico son altamente contaminantes y requieren de 150 años o más para su degradación (MacLeod et al., 2021). Esta cuestión conlleva a la acumulación de desechos no biodegradables que impacta directamente en la gestión de residuos sólidos del país y deteriora el entorno natural circundante. De acuerdo con las cifras proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador [INEC], el 80%

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

de los residuos sólidos generados en 2020 terminaron en lugares inapropiados, como vertederos a cielo abierto, botaderos controlados y ríos.

La utilización de macetas biodegradables de fibra de coco no solo contribuye a reducir la cantidad de residuos acumulados, sino que también fomenta nuevas formas de obtener un ingreso económico para los agricultores y productores locales (Patel et al., 2021). La producción y comercialización de estas macetas pueden generar aportes adicionales y diversificar las fuentes de ingresos en la parroquia rural de Río Chico. Además, es importante destacar que la demanda de productos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente está en constante aumento llegando a subir hasta el 66% en el año 2022, lo que podría abrir puertas a nuevos mercados y oportunidades de exportación (Tighe, 2023; Ricciardi et al., 2020).

Según un informe de Grand View Research (2022) el mercado mundial de macetas sostenibles se valoró en 2.300 millones de dólares en 2021 y se espera que alcance los 6.100 millones de dólares en 2028. El informe también predice que el mercado crecerá a una tasa compuesta anual del 12,5% durante el período de pronóstico.

En este contexto, la fibra de coco ha surgido como una opción prometedora para la elaboración de macetas biodegradables, presentando un potencial significativo en el ámbito medioambiental y económico. El presente artículo científico tiene como objetivo principal examinar la viabilidad de utilizar la fibra de coco como residuo agroindustrial en la elaboración de macetas biodegradables en la parroquia rural Río Chico del cantón Portoviejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio, la investigación se llevó a cabo en la parroquia rural de Río Chico, ubicada en el cantón Portoviejo, provincia de Manabí, con una extensión de aproximadamente 82,67 km². Se diseñó un estudio experimental de laboratorio y campo con un enfoque aleatorizado según la metodología de Gu et al. (2022). El objetivo principal fue evaluar la eficacia y viabilidad de las macetas biodegradables fabricadas con fibra de coco.

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

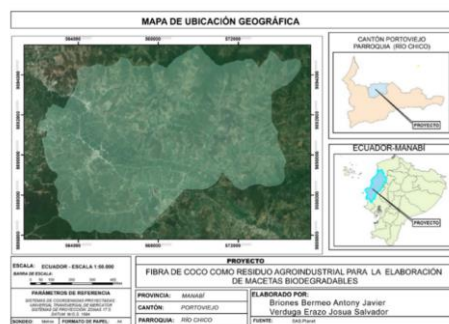


Figura 1. Ubicación satelital de la parroquia rural Rio Chico.

Se implementó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un solo factor que evaluó tres tratamientos diferentes en la producción del lote piloto de macetas biodegradables (T-1=60% fibra de coco + 25% de almidón de maíz + 15% de Vinagre, T-2=70% fibra de coco + 20% de almidón de maíz + 10% de Vinagre y T-3=80% fibra de coco + 15% de almidón de maíz + 5% de Vinagre) en la producción del lote piloto de macetas biodegradables, donde cada tratamiento se replicó cuatro veces. Las variables de respuesta incluyeron la resistencia mecánica, capacidad de retención y la degradabilidad de las macetas se basaron en los estudios previos de Martinelli et al.(2023) y Raman et al. (2022).

Proceso de elaboración de las macetas

Se diseñó un prototipo de maceta (ver Figura 2) con dimensiones específicas para albergar plantas de tamaño medio. Cada maceta tiene un volumen aproximado de 0.00785233 m^3 , con un diámetro de 20 cm y una altura de 25 cm. Se optó por un peso estándar de 37 g para todas las macetas con el fin de garantizar la uniformidad en las condiciones de prueba y obtener resultados más fiables (Sun et al., 2021; Ismail et al., 2022).

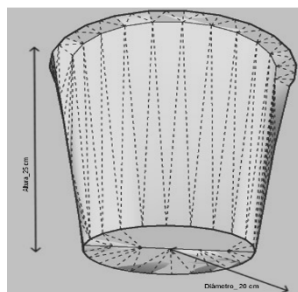


Figura 2. Prototipo de maceta biodegradable en 2D.

Para la elaboración de las macetas biodegradables, se estableció un proceso metodológico Figura 3. En primer lugar, tomando como punto de partida las metodologías propuestas por Cerrato et al. (2021) y Llamas et al. (2019) se desintegró la fibra de coco para facilitar su manejo y aplicación.

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

Posteriormente, se disolvió el almidón de maíz en el vinagre, creando así una mezcla homogénea. Una vez preparada la mezcla, se pesó la cantidad adecuada para cada tratamiento según las especificaciones dadas: para el tratamiento 1, se utilizó 22.2 g de fibra de coco, 9.25 g de almidón de maíz, 5.55 ml de vinagre; para el tratamiento 2, se emplearon 25.9 g de fibra de coco, 7.4 g de almidón de maíz, 3.7 ml de vinagre; y para el tratamiento 3, se usaron 29.6 g de fibra de coco, 5.55 g de almidón de maíz, 1.85 ml de vinagre.

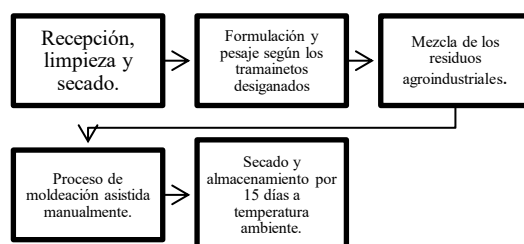


Figura 3. Flujograma del proceso de elaboración de las macetas biodegradables.

Una vez pesados los compuestos, se mezclaron en un recipiente adecuado hasta lograr una consistencia uniforme. Luego, se formaron las macetas biodegradables con las manos, asegurándose de que cada maceta tuviera las dimensiones, peso y forma deseada. Cabe destacar que durante todo el proceso se llevaron a cabo, pesajes de cada maceta para asegurar el cumplimiento con los requerimientos del experimento (Amsamani et al., 2023).

Pruebas de resistencia mecánica: Tracción y compresión

Para medir la resistencia mecánica de las macetas biodegradables, se realizaron pruebas de tracción y compresión en el laboratorio, siguiendo las metodologías establecidas por Bui et al. (2020), Mohanavel et al. (2022) y Sultana et al. (2020). En la prueba de tracción, se elaboraron placas de 25cm de largo, 3cm de ancho y 1cm de grosor por cada tratamiento de macetas biodegradables, las cuales fueron sometidas a un ensayo de tracción que consistió en la aplicación de fuerza gradualmente hasta que las placas se rompieron. Por otro lado, en la prueba de compresión, se emplearon cilindros de los diferentes tratamientos de macetas con medidas de 10 cm de largo y 5 cm de ancho, los cuales fueron analizados mediante un ensayo de compresión que aplicó una fuerza gradualmente hasta que los cilindros se deformaron o colapsaron.

Los resultados de tracción y compresión se presentaron en función del máximo desplazamiento experimentado en respuesta a la fuerza aplicada (Artigas et al., 2022). Esta elección se fundamentó en la capacidad del máximo desplazamiento para reflejar la resistencia de un material

a las cargas antes de alcanzar un punto crítico de deformación (Cicarelli et al., 2020). Estos valores resultaron fundamentales para comprender el comportamiento estructural de los materiales y fueron críticos en aplicaciones donde la resistencia y la integridad eran factores clave.

Capacidad de absorción y degradabilidad en el suelo

Para la determinación del porcentaje de retención de agua y degradabilidad en el suelo de las macetas biodegradables, primero se prepararon las muestras y se registró su peso inicial. Las macetas se saturaron en agua cada 30 minutos, en intervalos alternados, durante un período total de 6 horas, se drenó el exceso de agua y se registró su peso saturado (Ali, 2020). El porcentaje de retención de agua se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$Ca = \left(\frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right) \times 100$$

Para la determinación del porcentaje de degradabilidad en el suelo, se prepararon muestras de las macetas y se registró su peso inicial. Las macetas se enterraron en el suelo durante un período de tiempo de 90 días. Después de la exposición, las macetas se extrajeron, se limpiaron y se registró su peso final (Kochova et al., 2020). El porcentaje de degradabilidad en el suelo se calculó utilizando la fórmula:

$$Ds = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100$$

Análisis estadísticos de los datos

Para evaluar la eficacia de los tratamientos, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), lo que permitió comparar las medias de las variables de respuesta entre los tratamientos. Posteriormente, se utilizó prueba de comparación múltiple, concretamente la prueba de Tukey con un nivel de significación de 0,05, para señalar cualquier diferencia significativa entre los tratamientos. Estos análisis se llevaron a cabo utilizando el programa InfoStat 2020I, garantizando la alineación con los objetivos del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio revelaron variaciones significativas en la resistencia mecánica de las macetas biodegradables, según los resultados obtenidos en las pruebas de compresión y tracción para cada tratamiento aplicado, como se presentan en la Gráfico 1 y 2.

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

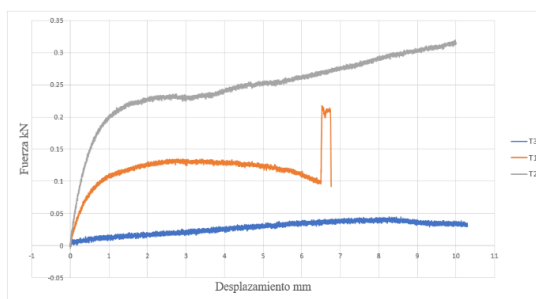


Gráfico 1. Compresión según la fuerza vs el desplazamiento de los tratamientos evaluados.

En el análisis de la resistencia a la compresión, se observó que el tratamiento T3 mostró la máxima fuerza de compresión, registrando un valor de 0.32 kN, mientras que el tratamiento T1 exhibió la menor fuerza, con 0.04 kN (ver Gráfico 1). Esta variación en la resistencia puede atribuirse a la estructura interna de los materiales. Dado que la fibra de coco es el componente mayoritario, la superposición de fibras y la creación de huecos pueden debilitar o reforzar la muestra.

En términos simples, a mayor porcentaje de fibra de coco, existe una mayor cohesión y resistencia a la deformación bajo carga. Estos resultados están en línea con lo observado por Awoyera et al. (2022). Además, concuerdan con las conclusiones de Piña et al. (2019) quienes indicaron que los residuos mixtos de origen orgánico, añadidos en cantidades del 30 al 50%, pueden reducir la resistencia a la compresión hasta en un 13.2%.

También hay que resaltar que, en los resultados desplazamiento y deformación, el T3 presentó los valores más bajos de desplazamiento (9.98 mm) y deformación (12%), lo que reafirma una mayor rigidez y estabilidad estructural en comparación con los otros tratamientos. Para Ahmad et al. (2020) el refuerzo de fibra mejora la resistencia a la compresión al limitar la expansión lateral durante la compresión, lo que resulta en una mayor resistencia gracias a la capacidad de las fibras de coco para soportar tensiones y cizallas debido a su fortaleza.

Por otra parte, el análisis de varianza mostró que los tratamientos aplicados tuvieron un impacto significativo en la resistencia a la compresión de los biodegradables ($p < 0.0001$). Aunque las medias de compresión fueron 0.32, 0.22 y 0.04 kN para los tratamientos 3, 2 y 1, respectivamente, el test de Tukey no encontró diferencias significativas entre las medias, sugiriendo homogeneidad en este aspecto. Este hallazgo es consistente con los resultados reportados por Juanga y Yuan (2021) quienes encontraron variaciones significativas en la resistencia a la compresión de materiales biodegradables, pero no son lo suficientemente grandes como para considerarlas estadísticamente significativas.

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

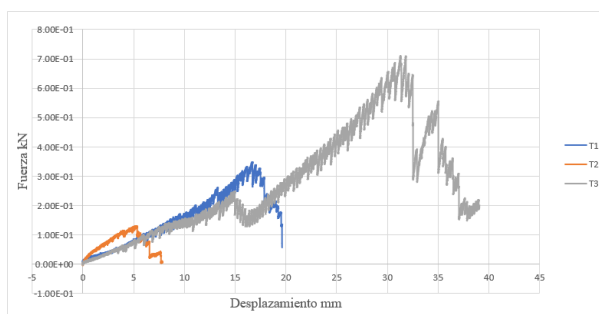


Gráfico 2. Tracción según la fuerza vs el desplazamiento de los tratamientos evaluados.

Al igual que en la compresión, en el análisis de tracción se encontró que el tratamiento T3 exhibió la máxima fuerza, con 0.71 kN, mientras que el tratamiento T1 mostró la menor fuerza, con 0.34 kN (ver Gráfica 2). Ahmad et al. (2022) coinciden los tratamientos ricos en fibras mejoran más la resistencia a la tracción que la resistencia a la compresión cuando se añaden en concentraciones $\geq 3\%$. Del mismo modo Bui et al. (2020) encontraron que incrementar el contenido de fibra del 0 al 20% en peso incrementaba la resistencia a la tracción casi tres veces.

Sin embargo, Ciccarelli et al. (2020) resalta que la falta de trabajabilidad del material también suele provocar una disminución gradual en la resistencia a la tracción. En este estudio, el tratamiento T1 muestra resultados consistentes con esta premisa, pero esto no significa que su menor resistencia a la tracción se deba únicamente a la falta de trabajabilidad. También se relaciona con una unión interfacial débil a la cantidad de vinagre presente, ya que el vinagre actúa como un agente de cohesión, pero también tiene propiedades de ablandamiento (Ogunbiyi et al., 2022). Este efecto se observa en los valores de desplazamiento (17 mm) y deformación (16%), que son los más bajos en el análisis.

Respecto al análisis estadístico, tanto el modelo como el tratamiento resultaron altamente significativos ($p < 0.0001$). Las medias de tracción fueron $0.71 = T3$, $0.35 = T1$ y $0.13 = T2$, respectivamente. El test de Tukey indicó diferencias significativas entre las medias de tracción de los tratamientos, sugiriendo que los tratamientos tuvieron un efecto notable en la resistencia a la tracción de los biodegradables.

La coherencia en los resultados obtenidos tanto en los análisis de tracción como en los de compresión se ve respaldada por investigaciones previas realizadas Jan et al. (2015), Sekar y Kandasamy (2018) y Dahal et al. (2020) quienes sostienen que la fibra de coco y los compuestos poliméricos reforzados con fibra natural exhiben propiedades mecánicas excepcionales, principalmente atribuibles a su alta concentración de lignina. Esta lignina actúa como agente de unión, fortaleciendo la estructura interna del material y proporcionando una mayor resistencia mecánica, tanto en términos de tracción como de compresión.

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

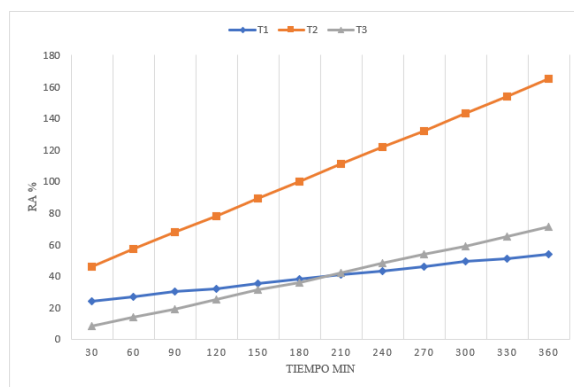


Gráfico 3. Porcentaje de absorción del agua vs el tiempo de exposición.

Los resultados de absorción de agua mostraron que, en un intervalo inicial de 30 minutos, el tratamiento T2 presentó la mayor capacidad de absorción, con un 46%, seguido por T1 con un 24% y T3 con un 8% (ver Gráfico 3). Sin embargo, esta tendencia cambió a los 90 minutos, donde las macetas del tratamiento T3 comenzaron a absorber más agua que las del tratamiento T1. Esta diferencia se mantuvo durante el resto del período de prueba, con las macetas del tratamiento T2 continuando siendo las que más agua absorbían en general, seguidas por T3 y luego T1.

La absorción de agua en materiales biodegradables está influenciada por factores como la composición de los materiales y su estructura. En un estudio previo realizado por Mathavan et al. (2021) observaron un aumento significativo en la absorción de agua al agregar un 0,5 a 1,5% de fibras en comparación con el control. Este aumento en la absorción de agua fue del 38% al 147% a los 28 días. Este atributo sugiere que los materiales desarrollados podrían ser adecuados para ser utilizados como macetas biodegradables, ya que pueden retener una cantidad considerable de agua, lo que es beneficioso para el crecimiento de las plantas.

Además, Martinelli et al. (2023) explican que las fibras celulósicas, que se encuentran en materiales naturales como fibras, tienen una afinidad natural por el agua, lo que significa que tienden a absorberla fácilmente. Esta característica puede tener un efecto negativo en el comportamiento mecánico de los compuestos que contienen estas fibras, ya que la absorción de agua puede debilitar la estructura del material y afectar su resistencia.

Para mejorar este comportamiento y reducir el efecto negativo de la absorción de agua, se pueden llevar a cabo procesos de modificación superficial de las fibras. Estos procesos pueden implicar tratamientos físicos o químicos que alteren la superficie de las fibras celulósicas para hacerlas menos hidrofílicas (Kramar y González, 2023). Además, se obtuvo como resultado que las macetas con un equilibrio intermedio de componentes (T2) se mostraron como las más eficientes en este aspecto. Este hallazgo es significativo ya que, hasta el momento, el tratamiento T3 se consideraba el mejor en términos de resistencia mecánica.

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

Estos resultados están respaldados por el estudio de Palanisamy y Ramasamy (2022) quienes encontraron que la absorción de agua disminuye a medida que aumenta el porcentaje de fibras de coco añadidas al sustrato, con una absorción máxima al no agregar fibras de coco y una absorción mínima al agregar un 2% de fibras de coco. Esto sugiere que el equilibrio intermedio de componentes del tratamiento T2 podría optimizar la absorción y retención de agua en las macetas.

Además, los hallazgos de Martinelli et al. (2024) indican que la capacidad de retención de agua del sustrato puede verse afectada por condiciones ambientales como la temperatura y la humedad relativa. Por lo tanto, la eficacia del tratamiento T2 en la retención de agua podría depender no solo de la composición del sustrato, sino también del entorno en el que se utilice.

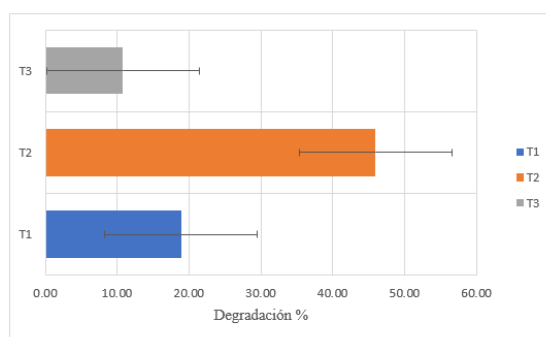


Gráfico 4. Porcentaje de degradación al suelo.

En los resultados de degradación, al igual que en la absorción de agua, se observó que las macetas del tratamiento T2 mostraron un alto potencial. Este tratamiento exhibió el mayor porcentaje de degradación, alcanzando un 46%. Sin embargo, es importante señalar que la barra de error indicó una mayor dispersión de los datos y una mayor incertidumbre en la medición (ver Gráfico 4). Este fenómeno sugiere que la composición de las macetas, con una proporción media de componentes, podría haber contribuido a una mayor degradación en el suelo.

Hasan et al. (2021) difieren de los datos presentados en el estudio actual, ya que observaron en su investigación que, a menores proporciones de fibra de coco, el nivel de degradación de las macetas superaba el 60%. Esto sugiere una relación inversa entre la proporción de fibra de coco y el nivel de degradación de las macetas, en contraste con los resultados actuales, donde el tratamiento T2, con una proporción relativamente alta de fibra de coco, mostró el mayor porcentaje de degradación. Por otra parte, Salama et al. (2019) mencionaron que la degradación de las macetas biodegradables puede depender de factores adicionales a la composición del material, como la presencia de microorganismos en el suelo. Esto indica que la degradación de las macetas puede estar

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

influenciada por una variedad de factores ambientales y biológicos, además de la composición del material en sí.

Por otro lado, los resultados muestran que las macetas sometidas al tratamiento T3, que contenían el mayor porcentaje de fibra de coco, exhibieron el menor porcentaje de degradación, con solo un 11%. Esta observación inicialmente parece contraintuitiva, ya que se podría esperar que un mayor contenido de fibra de coco acelerara la degradación. Sin embargo, la presencia de vinagre y almidón de maíz en la composición de estas macetas podría explicar este fenómeno.

El vinagre, utilizado como agente de cohesión, contribuye a mantener la integridad estructural de las macetas, reduciendo así su descomposición en el suelo (Sun et al., 2020). Respecto al almidón de maíz, al ser un material orgánico, también fue parte para la resistencia de las macetas, proporcionando estructura y cohesión al material (Fuentes et al., 2021).

En contraste, Yalegama et al. (2013) y Chaves et al. (2023) amplían la comprensión sobre cómo la estructura y composición química de la fibra de coco afectan su degradación en el suelo, y por ende, la relación entre el porcentaje de fibra en las macetas y su descomposición. Estos estudios indican que la variabilidad en la fuente y el procesamiento de la fibra de coco puede influir en su capacidad para descomponerse, lo que a su vez afecta la velocidad y el modo de descomposición en el suelo, lo que tiene implicaciones directas en la degradación de las macetas biodegradables.

Los resultados del análisis estadístico revelaron que tanto el modelo como los tratamientos tuvieron un impacto significativo en la degradación de los biodegradables ($p < 0.0001$). Las medias de degradación fueron 45.98, 18.88 y 10.75 para los tratamientos 2, 1 y 3, respectivamente, mostrando diferencias significativas entre los tratamientos. Específicamente, los tratamientos 1 y 2 tuvieron medias de degradación significativamente diferentes al tratamiento 3, lo que indica una variación significativa en la degradación bajo diferentes tratamientos. Estos hallazgos están en línea con la investigación de Montoya et al. (2022) que sugiere que tratamientos con rangos mínimos de variación producen resultados de degradación más homogéneos entre sí.

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados muestran que un mayor contenido de fibra de coco en las macetas biodegradables aumenta significativamente su resistencia a las fuerzas mecánicas, como se observó en el tratamiento T3, que demostró la mayor resistencia tanto a la compresión (0.32 kN) como a la tracción (0.71 kN), mientras que el tratamiento T1 mostró la menor resistencia en ambos casos (0.04 kN y 0.34 kN respectivamente). Por otro lado, la capacidad de absorción de agua también está

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

influenciada por la composición de las macetas, como se evidenció en el tratamiento T2, que inicialmente mostró la mayor capacidad de absorción con un 46% en los primeros 30 minutos, pero luego las macetas del tratamiento T3 comenzaron a absorber más agua que las del tratamiento T1.

Además, el tratamiento T2, con una proporción equilibrada de componentes, exhibió el mayor porcentaje de degradación en el suelo con un 46%, seguido por el tratamiento T1 con un 18.88%, y el tratamiento T3 con un 10.75%. Estos resultados plantean que una proporción equilibrada de componentes puede favorecer la degradación de las macetas en el suelo, lo que puede ser deseable en aplicaciones agrícolas y ambientales donde la biodegradabilidad es crucial.

Respecto al análisis estadístico, se demostró que los tratamientos aplicados tuvieron un impacto significativo en la resistencia mecánica y la degradación de las macetas biodegradables. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en términos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, absorción de agua y degradación (p -valor <0.0001), lo que indica que la composición de los materiales y los tratamientos aplicados influyen en estas propiedades.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Ahmad, J., Majdi, A., Al-Fakih, A., Deifalla, A., Althoey, F., El Ouni, M. y El-Shorbagy, M. (2022). Mechanical and Durability Performance of Coconut Fiber Reinforced Concrete: A State-of-the-Art Review. *Materials*, 15(10), 3601. <https://doi.org/10.3390/ma15103601>
- Ahmad, J., Manan, A., Ali, A., Khan, M. W., Asim, M. y Zaid, O. (2020). A Study on Mechanical and Durability Aspects of Concrete Modified with Steel Fibers (SFs). *Civil Engineering and Architecture*, 8(5), 814–823. <https://doi.org/10.13189/cea.2020.080508>
- Ali, M. (2020). *Coconut fibre – A versatile material and its applications in engineering*. 2(9), . 189-197.
- Amsamani, S., Aneetta, V. y Naveena, C. (2023). *Eco-Pots: An Alternative to Plastic Sapling Bags*. In: Muthu, S.S. (eds) *Novel Sustainable Raw Material Alternatives for the Textiles and Fashion Industry*. Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37323-7_9
- Artigas, V., Quintana, M., Positieri, M. y Oshiro, Á. (2022). Efectos de la utilización de desecho de polvo de perlita natural em hormigones autocompactantes coloreados. *Concreto & Construções*, XLIX(105), 42–47. <https://doi.org/10.4322/1809-7197.2022.105.0003>
- Atoshi, M. A. y Gani, J. (2023). *Characterization Of Heterogenous Catalyst Produced By Physical Activation Of Cocos Nucifera Shell Waste*. 7(2). <https://doi.org/10.56892/bima.v7i02.%201.463>
- Awoyera, P., Odutuga, O., Effiong, J., De Jesus, A., Mortazavi, S. y Hu, J. (2022). Development of Fibre-Reinforced Cementitious Mortar with Mineral Wool and Coconut Fibre. *Materials*, 15(13), 4520. <https://doi.org/10.3390/ma15134520>
- Ayilara, M., Olanrewaju, O., Babalola, O. y Odeyemi, O. (2020). Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*, 12(11), 4456. <https://doi.org/10.3390/su12114456>
- Basurto, C. y Vera, M. (2022). *Evaluación de los residuos agrícolas cascarilla de arroz (Oryza sativa) y fibra de coco (Cocos nucifera) como sustratos para sistemas acuapónicos* [Esceula Superior Politécnica agropecuaria de Manabí - Manuel Félix López]. <https://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1922>
- Bui, H., Sebaibi, N., Boutouil, M. y Levacher, D. (2020). Determination and Review of Physical and Mechanical Properties of Raw and Treated Coconut Fibers for Their Recycling in Construction Materials. *Fibers*, 8(6), 37. <https://doi.org/10.3390/fib8060037>
- Cerrato, M. D., Ribas, A., Cardona, C. y Gil, L. (2021). Species introductions through coconut fibre: *Dactyloctenium aegyptium* and *Glinus oppositifolius*, new records for the Balearic Islands, Spain. *Acta Botanica Croatica*, 80(2), 221–224. <https://doi.org/10.37427/botcro-2021-023>
- Chaves, Y., Da Silveira, P., Monteiro, S. y Nascimento, L. (2023). Babassu Coconut Fibers: Investigation of Chemical and Surface Properties (*Attalea speciosa*). *Polymers*, 15(19), 3863. <https://doi.org/10.3390/polym15193863>

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

- Ciccarelli, L., Cloppenburg, F., Ramaswamy, S., Lomov, S. V., Van, A., Vo Hong, N., Chi Thanh, T., Minh Tri, N. y Thomas, G. (2020). Sustainable composites: Processing of coir fibres and application in hybrid-fibre composites. *Journal of Composite Materials*, 54(15), 1947–1960. <https://doi.org/10.1177/0021998319886108>
- Dahal, S., Yilma, W., Sui, Y., Atreya, M., Bryan, S., Davis, V., Whiting, G. L. y Khosla, R. (2020). Degradability of Biodegradable Soil Moisture Sensor Components and Their Effect on Maize (*Zea mays* L.) Growth. *Sensors*, 20(21), 6154. <https://doi.org/10.3390/s20216154>
- De Azevedo, A., Amin, M., Hadzima, M., Saad, I., Zeyad, A., Tayeh, B. y Adesina, A. (2022). Possibilities for the application of agro-industrial wastes in cementitious materials: A brief review of the Brazilian perspective. *Cleaner Materials*, 3, 100040. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100040>
- Fuentes, R., Berthe, J., Barbosa, S. y Castillo, L. (2021). *Development of biodegradable pots from different agroindustrial wastes and byproducts*. 30. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00338>
- Grand, H. (2022). *Abaca Fiber Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Pulp & Paper, Fiber Craft, Cordage, Textile), By Region (North America, Asia Pacific, Europe, Central & South America, MEA), And Segment Forecasts, 2021–2028* (GVR-4-68039-517-3; p. 133). <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/abaca-fiber-market#>
- Gu, M., Ahmad, W., Alaboud, T., Zia, A., Akmal, U., Awad, Y. y Alabduljabbar, H. (2022). Scientometric Analysis and Research Mapping Knowledge of Coconut Fibers in Concrete. *Materials*, 15(16), 5639. <https://doi.org/10.3390/ma15165639>
- Hasan, K., Horváth, P., Bak, M. y Alpár, T. (2021). A state-of-the-art review on coir fiber-reinforced biocomposites. *RSC Advances*, 11(18), 10548–10571. <https://doi.org/10.1039/D1RA00231G>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2020). *Municipales 2020* [Ecuador en Cifras]. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/gad-municipales-2020/>
- Ismail, S., Akpan, E. y Dhakal, H. (2022). Review on natural plant fibres and their hybrid composites for structural applications: Recent trends and future perspectives. *Composites Part C: Open Access*, 9, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2022.100322>
- Jan, K., Riar, C. y Saxena, D. (2015). Engineering and functional properties of biodegradable pellets developed from various agro-industrial wastes using extrusion technology. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7625–7639. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1938-5>
- Juanga, J. y Yuan, Q. (2021). Making Biodegradable Seedling Pots from Textile and Paper Waste—Part A: Factors Affecting Tensile Strength. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6964. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136964>

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

- Kochova, K., Gauvin, F., Schollbach, K. y Brouwers, H. (2020). Using alternative waste coir fibres as a reinforcement in cement-fibre composites. *Construction and Building Materials*, 231, 117121. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117121>
- Kramar, A. y González, J. (2023). Preparation of cellulose acetate film with dual hydrophobic-hydrophilic properties using solution blow spinning. *Materials & Design*, 227, 111788. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.111788>
- Llamas, A., Vázquez, J., Balderrama, J., Reyes, J. y Pedraza, M. (2019). *Prototipo de urna funeraria ecológica elaborada con fibra de coco*. 2(2), 100–106.
- MacLeod, M., Arp, H., Tekman, M. y Jahnke, A. (2021). The global threat from plastic pollution. *Science*, 373(6550), 61–65. <https://doi.org/10.1126/science.abg5433>
- Maertens, L. (2021). Climatizing the UN Security Council. *International Politics*, 58(4), 640–660. <https://doi.org/10.1057/s41311-021-00281-9>
- Martinelli, F., Pariz, M. G., De Andrade, R., Ferreira, S., Marques, F., Monteiro, S. y De Azevedo, A. (2024). Influence of drying temperature on coconut-fibers. *Scientific Reports*, 14(1), 6421. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56596-z>
- Martinelli, F., Ribeiro, F., Marvila, M., Monteiro, S., Filho, F. y Azevedo, A. (2023). A Review of the Use of Coconut Fiber in Cement Composites. *Polymers*, 15(5), 1309. <https://doi.org/10.3390/polym15051309>
- Mathavan, M., Sakthieswaran, N. y Ganesh Babu, O. (2021). Experimental investigation on strength and properties of natural fibre reinforced cement mortar. *Materials Today: Proceedings*, 37, 1066–1070. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.295>
- Mohanavel, V., Suresh Kumar, S., Vairamuthu, J., Ganeshan, P. y NagarajaGanesh, B. (2022). Influence of Stacking Sequence and Fiber Content on the Mechanical Properties of Natural and Synthetic Fibers Reinforced Penta-Layered Hybrid Composites. *Journal of Natural Fibers*, 19(13), 5258–5270. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875368>
- Montoya, M., Espinal, M., Bello, I. P., López, C., Mendoza, E., Bravo, C. y López, P. (2022). Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (zea mays). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2385–2401. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763
- Navarro, P. (2023). *Latin America: Top exporters of coconut oil 2018, based on export value* [Statista]. <https://www.statista.com/statistics/875788/export-value-coconut-oil-latin-america-country/>
- Nunes, L., Silva, M., Gerber, J. y Kalid, R. (2020). Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120169>
- Ogunbiyi, O., Gbenezor, O., Salifu, S., Olaleye, S., Jamiru, T., Sadiku, R. y Adeosun, S. (2022). Strength Characteristics of Electrospun Coconut Fibre Reinforced Polylactic Acid: Experimental and

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

- Representative Volume Element (RVE) Prediction. *Materials*, 15(19), 6676. <https://doi.org/10.3390/ma15196676>
- Ozoh, A., Longe, B., Akpe, V. y Cock, I. (2021). *Indiscriminate Solid Waste Disposal and Problems with Water-Polluted Urban Cities in Africa*. 24(1–7).
- Palanisamy, E. y Ramasamy, M. (2022). Dependency of Sisal and Banana Fiber on Mechanical and Durability Properties of Polypropylene Hybrid Fiber Reinforced Concrete. *Journal of Natural Fibers*, 19(8), 3147–3157. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1840477>
- Patel, A., Temgire, S. y Borah, A. (2021). Agro-industrial waste as source of bioactive compounds and their utilization: A review. *The Pharma Innovation*, 10(5), 192–196. <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i5c.6197>
- Piña Ramírez, C., Del Río Merino, M., Viñas Arrebola, C., Vidales Barriguete, A. y Kosior-Kazberuk, M. (2019). Analysis of the mechanical behaviour of the cement mortars with additives of mineral wool fibres from recycling of CDW. *Construction and Building Materials*, 210, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.062>
- Raman, V. Kumar, P., Sunagar, P., Bommanna, K., Vezhavendhan, R., Bhattacharya, S., Prabhu, S. y Sasikumar, B. (2022). Investigation on Mechanical Properties of Bamboo and Coconut Fiber with Epoxy Hybrid Polymer Composite. *Advances in Polymer Technology*, 2022, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2022/9133411>
- Ricciardi, P., Cillari, G., Carnevale Miino, M. y Collivignarelli, M. C. (2020). Valorization of agro-industry residues in the building and environmental sector: A review. *Waste Management & Research*, 38(5), 487–513. <https://doi.org/10.1177/0734242X20904426>
- Salama, H., Abdelhamid, S. y Dairouty, R. (2019). *Coconut Bio-yoghurt Phytochemical-chemical and Antimicrobial-microbial Activities*. 22(11), 527–536. <https://doi.org/doi:10.3923/pjbs.2019.527.536>.
- Sekar, A. y Kandasamy, G. (2018). Optimization of Coconut Fiber in Coconut Shell Concrete and Its Mechanical and Bond Properties. *Materials*, 11(9), 1726. <https://doi.org/10.3390/ma11091726>
- Sultana, N., Hossain, S., Alam, M., Hashish, M. y Islam, M. (2020). An experimental investigation and modeling approach of response surface methodology coupled with crow search algorithm for optimizing the properties of jute fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 243, 118216. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118216>
- Sun, S., Gao, Z., Li, Z., Li, Y., Gao, J., Yuan-Jun, C., Li, H., Liu, X. y Wang, Z. (2020). Effect of Wood Vinegar on Adsorption and Desorption of Four Kinds of Heavy (loid) Metals Adsorbents. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 48(2), e20013–e20020. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(19\)61217-X](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(19)61217-X)
- Sun, X., Liu, X., Yang, X. y Song, B. (2021). Computer-Aided Three-Dimensional Ceramic Product Design. *Computer-Aided Design and Applications*, 19(S3), 97–107. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2022.S3.97-107>

Fibra de coco como residuo agroindustrial para la elaboración de macetas biodegradables

- Tawasil, D., Aminudin, E., Abdul Shukor Lim, N., Nik Soh, N., Leng, P., Ling, G. y Ahmad, M. (2021). Coconut Fibre and Sawdust as Green Building Materials: A Laboratory Assessment on Physical and Mechanical Properties of Particleboards. *Buildings*, 11(6), 256. <https://doi.org/10.3390/buildings11060256>
- Tighe, D. (2023). *Consumer shift towards buying sustainable products over the past five years 2022* [Panel survey]. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1377869/global-shift-to-buying-sustainable-products/#:~:text=Consumer%20shift%20towards%20buying%20sustainable%20products%20over%20the%20pa,ast%20five%20years%202022&text=In%202022%2C%20the%20vast%20majority,compared%20to%20five%20years%20earlier.>
- Yalegama, L., Nedra, D., Sivakanesan, R. y Jayasekara, C. (2013). Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry*, 141(1), 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.118>
- Zambrano, R. y Guerrero, J. (2022). *La Industrialización del Coco y sus Derivados para el Desarrollo Económico de la Parroquia Riochico del Cantón Portoviejo* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4124>

© 2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).