

Caracterización física para el aprovechamiento de la médula de coco de la Costa Pacífica Caucana, Colombia

Physical characterization for the use of coconut pith from the Pacific Coast of Caucana, Colombia

Luis Miguel Flor Campo^{1,2}, José Fernando Grass Ramírez^{1,3}

¹Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. ²✉ fluis@unicauca.edu.co; ³✉ jfgrass@unicauca.edu.co



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n1.108072>

2023 | 72-1 p 23-29 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2023-03-29 Acep.: 2023-08-02

Resumen

El mesocarpio de coco es un material residual de la producción de nuez de coco en la Costa Pacífica Caucana; sin embargo, a partir del mesocarpio se pueden extraer fibra y médula de coco, esta última cuenta con un alto potencial de aprovechamiento para la elaboración de sustratos de cultivo. El presente estudio tiene como objetivo realizar una caracterización morfológica, física y de fitotoxicidad de la médula de coco, proveniente de muestras de coco de los municipios de Guapi, López de Micay y Timbiquí, Costa Pacífica Caucana, de las variedades típica, malayo e híbrida. A nivel morfológico, la proporción del mesocarpio respecto al fruto no difirió entre las plantas y osciló entre un 35.27 % a 48.48 %; el tamaño de partícula con una proporción mayor a 2.0 mm y menor a 0.24 mm se encontró en las muestras T-A2 y G-A2, respectivamente, mientras que los parámetros de capacidad de retención de agua, densidad aparente, pH y conductividad eléctrica, se mantuvieron similares en todas las muestras, con valores entre 92.73 ± 0.04 a 94.55 ± 0.03 % p/p; 0.04 a 0.0528 g/cm³; 5.593 a 6.032 y 3.51 y 3.83 dS/m, respectivamente. Por su parte, el índice de vitalidad de Munoo-Liisa estuvo en un margen similar al control (%MVL = 100), y solo se presentó un leve efecto inhibitorio en el grado de germinación en la dilución 1.0 g/L, con lo cual, no hay un riesgo directo sobre las plantas y puede ser un material aprovechable en la elaboración de un sustrato de cultivo.

Palabras clave: fitotoxicidad, grado de germinación, médula de coco, mesocarpio, sustrato de cultivo.

Abstract

Coconut mesocarp is a residual material from the production of coconut on the Pacific Coast of Caucana; however, coconut fiber and pith can be extracted from the mesocarp, the latter, with a high potential for the production of culture substrates. Therefore, the objective of this study was to make a morphological, physical and phytotoxicity characterization of the coconut pith from coconut samples of the typical, Malay and hybrid varieties from the municipalities of Guapi, López de Micay and Timbiquí, on the Pacific Coast of Cauca. The proportion of the mesocarp at morphological level with respect to the fruit did not differ between the plants and ranged from 35.27 % to 48.48 %. The particle size with a proportion greater than 2.0 mm and less than 0.24 mm was found in the samples T-A2 and G-A2, respectively, while the parameters of water retention capacity, apparent density, pH, and electrical remained similar in all samples, with values between 92.73 ± 0.04 to 94.55 ± 0.03 % p/p; 0.04 to 0.0528 g/cm³; 5.593 to 6.032 and 3.51 to 3.83 dS/m, respectively. While the Munoo-Liisa vitality index was in a margin similar to the control (%MVL = 100), only a slight inhibitory effect was present in the degree of germination in the 1.0 g/L dilution, with which, there is no direct risk to the plants and it can be a usable material in the preparation of a culture substrate.

Keywords: phytotoxicity, degree of germination, coconut pith, mesocarp, culture substrate.

Introducción

La producción de coco es una de las actividades económicas más importante de las comunidades afrodescendientes y campesinas asentadas en las zonas costeras de Colombia. Según cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en el año 2019, la producción de coco se incrementó en un 10.95 %, respecto a las 129 633 toneladas reportadas en el año 2014 (Agronet, 2014), aumentando las áreas cultivadas a 22 865 hectáreas (Agronet, 2020), donde el Cauca es el tercer productor en el país, concentrando su cultivo en los municipios de Timbiquí y López de Micay, quienes representan el 12.5 % de la producción nacional de coco (Agronet, 2014); no obstante, su cosecha genera grandes volúmenes de subproducto poco aprovechable (mesocarpio, que localmente se denomina estopa), el cual se acumula al borde de las carreteras y terrenos baldíos (Anuradha Jabasingh, 2011; Karmegam *et al.*, 2021) e, inclusive, es vertido sobre los ríos y las zonas de manglares, generando problemas ambientales y contaminación del suelo, el agua y el aire (Granados y López, 2002; Islas y Tzec, 2021).

El mesocarpio de coco se considera un residuo agrícola que expone dos componentes importantes: la fibra de coco, que ha tenido una buena aplicación en el desarrollo de industrias destinadas a la obtención de fibras (Etim *et al.*, 2016; Jayakumar *et al.*, 2022), y la médula de coco, que es un material particulado con el cual se han venido desarrollado procesos industriales importantes (Etim *et al.*, 2016), convirtiéndose en una alternativa de bajo costo con potencialidades de aprovechamiento en diferentes campos de la agroindustria, como precursor en la síntesis de biocompuestos (Ma *et al.*, 2022; Rejani y Radhakrishnan, 2022) y enzimas (Anuradha Jabasingh, 2011; Muniswaran y Charyulu, 1994; Prabaningtyas *et al.*, 2018), material adsorbente en el tratamiento de aguas (Etim *et al.*, 2016; Ewecharoen *et al.*, 2008; Namasivayam *et al.*, 2001), maderas plásticas (Pratheep *et al.*, 2021), cultivos agrícolas (Agarwal *et al.*, 2021; Carlile *et al.*, 2015; Guerrero *et al.*, 2021; Karmegam *et al.*, 2021; Jayakumar *et al.*, 2022; Nattudurai, 2014; Noguera *et al.*, 2011), entre otros.

La médula de coco, como material lignocelulósico esponjoso de color marrón (Karmegam *et al.*, 2021), está compuesto por celulosa, ligninas, taninos, pentosano y furfural, y representa el 70 % del peso del mesocarpio (Etim *et al.*, 2016), es decir, por cada kilogramo de fibra de coco, se obtienen 2 kg de médula (Anuradha, 2011). De igual forma, por la complejidad de las estructuras que constituyen la médula de coco, su descomposición en el ambiente es muy lenta (Nattudurai *et al.*, 2014), razón por la cual, este material posee una alta estabilidad y un alto potencial para ser utilizado en diversos campos de la industria, así como en procesos agrícolas, tales como la elaboración de sustratos de cultivo (Agarwal *et al.*, 2021; Carlile *et al.*, 2015; Jayakumar *et al.*, 2022;

Karmegam *et al.*, 2021), esto le es conferido por sus características físicas (elevada capacidad de aireación) y químicas (buena capacidad de intercambio catiónico), relacionadas con la granulometría del material (Vargas *et al.*, 2008); sin embargo, al poseer un alto contenido de sales (Na, Cl, K), debe ser lavado para evitar afectaciones en las plantas durante el cultivo (Agarwal *et al.*, 2021; Carlile *et al.*, 2015; Ma y Nichols, 2006), influenciado por el tipo de molienda y el origen del material (Vargas *et al.*, 2008); no obstante, esto no impide que sea una posible alternativa de aprovechamiento y de agregar valor a un material que en la Costa Pacífica Caucana se considera como un desperdicio que genera afectaciones sobre el entorno y las comunidades.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo realizar una caracterización morfológica, física y de fitotoxicidad de la médula de coco proveniente de la Costa Pacífica Caucana, puesto que no existen reportes previos que caractericen o que propongan un uso potencial para este material.

Materiales y métodos

Localización: en el laboratorio de Análisis de Reología y Bioempaques de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca se evaluaron 76 muestras de coco maduro provenientes de los municipios de Timbiquí, López de Micay y Guapi, ubicados en la Costa Pacífica Caucana.

Caracterización morfológica: se realizó la separación del mesocarpio y la nuez del coco; del mesocarpio, a través de una remoción manual y en seco, se hizo la extracción de la médula de coco y la separación de la fibra. Posteriormente, se obtuvieron los rendimientos y se analizaron las muestras de coco por variedad y procedencia (Figura 1 y Tabla 1), y en combinación de todas las muestras. Las evaluaciones con la médula de coco se realizaron con el material crudo, es decir, sin ningún tipo de tratamiento posterior a la extracción.

Caracterización física: se realizaron diferentes pruebas de caracterización, donde la distribución del tamaño de partículas se analizó mediante el método propuesto por Martínez y Abad (1993), usando cribas con distintos tamaños de partícula, según especificación ASTM de los tamices N10, N12, N16, N20, N25, N30 y N40, colocadas sobre un agitador electromagnético de vaivén Fritsth Analysette 3 pro; la densidad real (D_r), la densidad aparente (D_a) y la capacidad de retención de agua, se evaluaron mediante el método descrito por Ansorena (1994); el pH se determinó mediante un titulador Metrohm 848 Titrino plus; y la conductividad eléctrica (CE) se midió con un conductímetro Hanna HI 9033 en extracto acuoso de la muestra de médula de coco (1:10). Para la valoración de estos parámetros las muestras se analizaron por triplicado.



Figura 1. Caracterización morfológica de las muestras de coco.

Determinación de fitotoxicidad: se realizó un ensayo de germinación siguiendo la norma UNE EN 16086-2, tal y como lo describe Flórez *et al.* (2021), para ello se utilizaron cuatro diluciones de la médula de coco en agua destilada: 1.0 g/L; 0.1 g/L; 0.01 g/L; 0.001 g/L y 0 g/L como control. Para cada tratamiento se prepararon tres cajas Petri con perlita. Sobre ellos se colocó una hoja de papel filtro y se humedeció uniformemente con 50 mL de la solución respectiva. Se colocaron diez semillas de berro (*Lepidium sativum*) sobre el papel filtro y se incubaron en oscuridad a 25 ± 5 °C durante 72 h. Después de este tiempo se determinaron los siguientes parámetros:

RL: longitud promedio de raíz por planta (mm)

SL: longitud media de los brotes por planta (mm)

R/S: relación raíz:brote

GD (%): grado de germinación de cada tratamiento (% respecto al total de semillas)

RI (%): índice de raíces, desarrollo de raíces en comparación con el control

El índice de vitalidad de Munoo-Liisa (MLV), que compara el producto del grado de germinación (GD) por la longitud promedio de la raíz (RL) en las muestras con el control, se calculó de acuerdo con la ecuación (1).

$$MVL(\%) = \frac{GDs \times RLs}{GDC \times RLC} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

GDs es el grado de germinación de cada réplica de un tratamiento.

GDC es el grado de germinación promedio del control.

Tabla 1. Muestras de coco evaluadas

Código	Variedad	Municipio de procedencia
G-A1	Típico	
G-A2	Malayo ^a	Guapi
G-A3	Híbrido ^b	
L-A1	Típico	
L-A2	Malayo ^a	López de Micay
L-A3	Híbrido ^b	
T-A1	Típico	
T-A2	Malayo ^a	Timbiquí
T-A3	Híbrido ^b	

^aLocalmente se denomina también como Manila.

^bLocalmente se denomina también como Táparo.

RLs es la duración promedio de cada réplica de un tratamiento.

RLc es la duración promedio de las tres réplicas del tratamiento de control.

Análisis estadístico: el análisis de los datos fue realizado mediante el software IBM® SPSS® Statistics Versión 23.0.0.0, realizando Tukey $\alpha > 0.05$.

Resultados y discusión

Caracterización morfológica: las muestras de coco evaluadas, donde las variedades morfológicamente son diferentes (A1, típica de porte alto y frutos grandes; A2, malayo de porte bajo y frutos pequeños, y A3, variedad híbrida que combina características fisiológicas de las variedades A1 y A2) (Granados y López, 2002), presentan una proporción del mesocarpio similar, comparada a la masa total del fruto (Tabla 2), que oscila entre el 35.27 % y el 48.48 %; es decir, de la producción de nuez de coco, cerca de la mitad del fruto es un subproducto que no difiere de las características morfológicas de la planta (Granados y López 2002). Sin embargo, estos valores son cercanos a lo reportado por Maruchis *et al.* (2007), donde de los frutos se puede separar un 37.77 % como mesocarpio; mientras que Zhang *et al.* (2021) se enfocaron en analizar únicamente la proporción comestible del fruto (agua y pulpa de coco), obteniendo valores que varían desde los 25.39 % a los 53.18 %, siendo los componentes restantes el mesocarpio y pericarpio (concha).

Por otra parte, en cuanto a la cantidad de fibra y médula que se puede extraer del mesocarpio, el contenido de fibra reporta los valores más altos (61.33 % en L-A1) como consecuencia de la característica esponjosa de la médula (Karmegam *et al.*, 2021); no obstante, los estudios no se enfocan

directamente en establecer las proporciones de los componentes de la estopa de coco, puesto que se prioriza la productividad para la comercialización y el consumo de productos hacia la industria alimentaria (Granados y López, 2002; Islas y Tzec, 2021; Maruchis *et al.*, 2007), a pesar de que estos subproductos también pueden ser una fuente rentable de ingresos (Islas y Tzec, 2021).

Distribución de tamaño partícula: el análisis granulométrico (Tabla 3) indicó que la distribución de partícula en todas las muestras posee una variación similar en todas las fracciones, obteniendo gránulos de médula de coco mayores a 2.0 mm en T-A2, mientras que en G-A2 se alcanzó la mayor cantidad de partículas con un diámetro menor a 0.42 mm; no obstante, Vargas *et al.* (2008) reportaron un alto porcentaje de partículas mayores a 2.0 mm variando desde un 15.3 % hasta un 39.0 %, al igual que el contenido de partículas finas menores a 0.42 mm

Tabla 2. Porcentaje de mesocarpio, médula y fibra extraídas de muestras de coco de la Costa Pacífica Caucana

Código	Mesocarpio (%)	Médula extraída (%)	Fibra extraída (%)
G-A1	48.48	41.78	56.61
G-A2	41.37	48.85	51.15
G-A3	39.86	40.88	58.84
L-A1	35.57	38.44	61.33
L-A2	47.56	49.71	50.14
L-A3	35.27	47.99	52.00
T-A1	35.56	52.19	47.77
T-A2	37.66	49.20	50.80
T-A3	42.87	44.70	54.97
Media	40.71	45.84	53.86
Mínima	35.27	38.44	47.77
Máxima	48.48	52.19	61.33
Desviación estándar	5.30	4.61	4.43

es superior, ya que el material particulado menor a 0.50 mm oscila entre un 49.1 % a un 8.5 %; por su parte, Guerrero *et al.* (2021) obtuvieron una distribución de partícula donde en el tamiz de 2.0 mm se retuvo un 13.69 % del material, semejante a T-A2, y el gránulo más fino menor a 0.50 mm tuvo una proporción de 35.8 %.

También, al no tener un porcentaje alto con partículas muy finas (<0.25 mm) puede favorecer el proceso de formulación para la elaboración de un sustrato de cultivo y su aplicación en campo, puesto que en el proceso productivo se puede generar compactación del sustrato, mayor retención de agua, menor aireación sobre las raíces de las plantas, afectando el rendimiento del cultivo sobre el cual se utiliza (Ansorena, 1994; Guerrero *et al.*, 2021; Noguera *et al.*, 2003).

Capacidad de retención de agua: la capacidad de retención de agua en todas las muestras se mantuvo sobre un margen similar (Tabla 4), oscilando entre 92.73 ± 0.04 a 94.55 ± 0.03 % p/p, ya que como lo menciona Guerrero *et al.* (2021), la médula de coco posee un alto número de poros entre sus partículas que, además de permitir almacenar humedad, facilita el proceso de drenaje; no obstante, durante el cultivo, el flujo constante de agua puede generar un cierto grado de compactación a causa del tamaño de la partícula, provocando una mayor retención de agua (Ansorena, 1994; Vargas *et al.*, 2008); por tanto, es recomendable tener un tamaño de partícula variable que aumente la aireación del sustrato y, a su vez, disminuya la retención de humedad (Noguera *et al.*, 2003).

Densidad aparente: la densidad aparente (Da) de las muestras (Tabla 4) se encuentra dentro del rango de 0.0478 a 0.0528 g/cm³, similar a reportada por (Noguera *et al.*, 2003), quienes obtuvieron una variación de 0.122 a 0.041 g/cm³, influenciada por diferentes tamaños de partícula del material; mientras Guerrero *et al.* (2021), registraron un valor de 0.14 g/cm³, además Guerrero *et al.* (2021), al citar a Quintero

Tabla 3. Análisis granulométrico de muestras de coco de la Costa Pacífica Caucana

Código	Diámetro de partícula (mm)							
	>2.0	2.0-1.68	1.68-1.19	1.19-0.841	0.841-0.707	0.707-0.595	0.595-0.42	<0.42
(en peso)								
G-A1	6.672	7.372	24.295	4.980	5.330	9.512	11.865	29.975
G-A2	7.475	5.805	22.406	4.269	6.147	9.714	12.616	31.569
G-A3	7.644	8.367	29.930	4.678	6.864	9.412	11.219	21.886
L-A1	12.343	7.537	28.147	6.022	5.835	8.453	7.687	23.976
L-A2	3.654	7.894	20.493	9.570	8.015	10.559	11.771	28.044
L-A3	5.124	8.479	24.593	9.323	6.751	9.202	10.328	26.201
T-A1	11.142	10.805	24.167	5.472	4.956	9.040	10.389	24.029
T-A2	13.268	9.773	28.351	3.751	4.403	10.030	10.168	20.257
T-A3	7.279	8.118	26.355	4.339	4.839	10.118	11.818	27.135

et al. (2006), menciona que la densidad aparente para este tipo de material oscila entre 0.05 g/cm³ y 0.4 g/cm³; sin embargo, se atribuye este margen de variación alto al efecto del contenido de humedad cuando se hidrata la médula de coco. La densidad real (Dr) fue muy similar a lo reportado por Guerrero et al. (2021), quien obtuvo una densidad de 1.00 g cm³; además, Guerrero et al. (2021), citando a Quintero et al. (2006), menciona que valores altos (mayores a 1.6 g/cm³) pueden estar influenciados por el método de extracción.

pH: el pH en todas las muestras (Tabla 4) se mantuvo en un rango ligeramente ácido (de 5.593 a 6.032), ubicándose dentro del rango de los valores de 5.04 a 5.6, obtenidos por Vargas et al. (2008), Noguera et al. (2003) y Seob et al. (2021); también coincide con los 5.7 reportados por Crespo et al. (2018); y con los 5.9 encontrados por Guerrero et al. (2021); pero, con valor menor de 6.3 a 6.7, mencionado por Monsalve et al. (2021) y Agarwal et al. (2021) sugieren que el pH óptimo para la médula de coco debe estar entre 5.5 a 6.8, que favorece el crecimiento de la mayoría de las plantas; sin embargo, Karmegam et al. (2021) indican que si la médula de coco se combina con otros materiales, como por ejemplo estiércol de vaca precompostado (1:1), se puede presentar un aumento del pH a 6.84 ± 0.08.

Conductividad eléctrica: en cuanto a los valores de conductividad eléctrica (CE), se determinó que los valores variaron entre 3.51 y 3.83 dS/m (Tabla 4), resultados que fueron menores en comparación con otras referencias como Noguera et al. (2003), quienes reportaron una conductividad entre 3.96 a 7.48 dS/m, la cual estaba influenciada por el tamaño de partícula del material; Seob et al. (2021), encontraron que en muestras de médula de coco fresco presentaban una conductividad de 9.19 dS/m, pero al analizarse durante un periodo de evaluación en campo, este parámetro descendió a 1.8 dS/m en la cuarta semana; es decir, la conductividad eléctrica, al estar asociada al potencial hídrico de la solución del suelo, expresa disminución en el crecimiento de las plantas, al generar inhibición en la absorción del agua cuando la conductividad es alta (Marschner, 2012), superior a 5 dS/m (Guerrero et al., 2021).

Tabla 4. Caracterización física de muestras de coco de la Costa Pacífica Caucana

Código	pH	CE (dS/m)	Da (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)	Capacidad de retención de agua (% p/p)
G-A1	5.707±0.010	3.58±0.090	0.0505±0.0013	1.2332±0.032	94.30±0.05
G-A2	5.776±0.007	3.64±0.070	0.0495±0.0016	1.2088±0.040	94.35±0.02
G-A3	5.767±0.015	3.72±0.070	0.0510±0.0100	1.2454±0.244	93.84±0.12
L-A1	5.593±0.011	3.67±0.060	0.0512±0.0105	1.2515±0.256	93.63±1.22
L-A2	5.828±0.008	3.32±0.026	0.0528±0.0047	1.2881±0.115	92.73±0.04
L-A3	6.032±0.012	3.83±0.059	0.0498±0.0143	1.2149±0.351	92.78±0.05
T-A1	5.670±0.007	3.45±0.053	0.0508±0.0080	1.2393±0.196	94.55±0.03
T-A2	5.990±0.015	3.56±0.061	0.0518±0.0083	1.2637±0.203	93.87±1.13
T-A3	5.757±0.017	3.51±0.055	0.0478±0.0071	1.1660±0.174	94.02±0.03

Análisis de fitotoxicidad: la Tabla 5 permitió determinar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, no obstante, no se aprecia efectos de fitotoxicidad de la médula cruda de coco sobre la germinación de semillas de berro (*Lepidium sativum*), puesto que el índice de vitalidad de Munoo-Liisa (MVL) en los tratamientos son superiores al control, a excepción del 99.23 % de la dilución 0.01 g/L; con un grado de germinación que es proporcionalmente inverso a la concentración de la dilución de médula, donde la dilución 1.0 g/L muestra una leve inhibición, Cesaro et al. (2015) expresan que un índice de germinación menor al 80 % empieza a mostrar señales inhibitorias sobre el crecimiento de las plantas, pero no debe ser menor al 50 % para considerarse fitotóxico (Gavilanes et al. 2016; Vargas et al., 2008).

Por otra parte, la relación raíz:brote muestra que los resultados de los tratamientos son superiores al tratamiento control, y un índice alto de raíz:brote permite que las plantas sean más efectivas en la extracción de nutrientes de las capas más profundas del suelo e influye en la madurez del cultivo como un todo (Flórez et al., 2021); sin embargo, (Ma y Nichols, 2004), al analizar el efecto de fitotoxicidad en lechuga, encontraron que la médula de coco fresca con un tamaño de partícula entre 0.25 y 1.0 mm, genera una afectación en el crecimiento de las raíces, comparada con el tratamiento control, así como se pueden desencadenar desequilibrios nutricionales durante este periodo (Noguera et al., 2003). Sin embargo, en

Tabla 5. Evaluación de fitotoxicidad de muestras de coco de la Costa Pacífica Caucana

Dilución (g/L)	Relación raíz:brote	Índice de las raíces (%RI)	Grado de germinación (%GD)	Índice de vitalidad de Munoo-Liisa (%MVL)
0.0	1.60	100.0	93.33	100
0.001	1.81	121.59	96.67	115.26
0.01	1.75	108.47	93.33	99.23
0.1	2.12	168.10	83.33	113.24
1	1.80	129.08	76.67	101.99

(Tukey $\alpha > 0.05$)

aplicación en campo, la médula sin tratamiento es capaz de disminuir el efecto de fitotoxicidad sobre el crecimiento radicular de las plantas, revertiendo este efecto a través de tratamientos preliminares de vermicompostaje (Karmegam *et al.*, 2021) o con la adición de carbonato de calcio (Ma y Nichols, 2004), aplicando un lavado con agua limpia que remueva la concentración de sales (Na, Cl, K) y realizando después un tamponado con nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂) (Agarwal *et al.*, 2021; Carlile *et al.*, 2015; Seob *et al.*, 2021) o simplemente por la lixiviación de las sales a través del proceso productivo (Vargas *et al.*, 2008).

A pesar de que los resultados de fitotoxicidad pueden parecer contradictorios frente a otras investigaciones, donde estudios previos han demostrado que la médula de coco cruda posee un alto contenido de K, Na y Cl, y esta alta concentración de sal inorgánica también puede contribuir a la inhibición en el crecimiento de las plantas (Gavilanes *et al.* 2016; Seob *et al.*, 2021), los resultados del presente estudio mostraron que la conductividad eléctrica de las muestras variaba entre 3.51 y 3.83 dS/m, valores que se mantienen dentro de los límites recomendados (<4.0 dS/m) (Guerrero *et al.*, 2021; Karmegam *et al.*, 2021) y, además, disminuye el riesgo inhibitorio de crecimiento en las plantas. No obstante, es pertinente corroborar la existencia o no del efecto inhibitorio de la médula de coco cruda, a través del envejecimiento en campo y en la aplicación hacia un proceso productivo (Ma y Nichols, 2004; Noguera *et al.*, 2003; Seob *et al.*, 2021).

Conclusiones

La caracterización de la médula de coco de muestras provenientes de la Costa Pacífica Caucaña mostró que la proporción de mesocarpio de las variedades analizadas se mantuvo en un rango muy similar a reportes de estudios previos, al igual que las demás propiedades físicas analizadas. Por otra parte, el análisis de fitotoxicidad arrojó que la médula de coco cruda genera un efecto leve de fitotoxicidad en el grado de germinación de la muestra de concentración 1.0 g/L, mientras que el índice de vitalidad de Munoo-Liisa es similar o superior al control, lo que le permite ser un material con un alto potencial de aprovechamiento para la elaboración de sustratos de cultivo.

Referencias

- Agarwal, P., Saha, S., & Hariprasad, P. (2021). Agro-industrial-residues as potting media: physicochemical and biological characters and their influence on plant growth. In *Biomass Conversion and Biorefinery*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01998-6>
- Agronet. (2014). Coco. <https://www.agronet.gov.co/Documents/Coco.pdf>
- Agronet. (2020). Colombia busca ingresar a Comunidad Internacional del Coco y lograr nuevas oportunidades para productores. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Colombia-busca-ingresar-a-Comunidad-Internacional-del-Coco-y-lograr-nuevas-oportunidades-para-productores.aspx#:~:text=%C2%B7%20En%20el%20a%C3%B1o%202019%20se,7%2C2%20toneladas%20por%20hect%C3%A1rea.>
- Ansorena, J. (1994). *Sustratos. Propiedades y Caracterización*. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Anuradha, S. (2011). Utilization of pretreated coir pith for the optimized bioproduction of cellulase by *Aspergillus nidulans*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65(8), 1150-1160. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.09.004>
- Carlile, W. R., Cattivello, C., & Zaccheo, P. (2015). Organic Growing Media: Constituents and Properties. *Vadose Zone Journal*, 14(6), vzj2014.09.0125. <https://doi.org/10.2136/vzj2014.09.0125>
- Cesaro, A.; Belgiorno, V. y Guida, M. (2015). Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.003>
- Crespo, M. R.; González, D. R.; Rodríguez, R.; Ruiz, J. A. y Durán, N. (2018). Caracterización química y física del bagazo de agave tequilero compostado con biosólidos de vinaza como componente de sustratos para cultivos en contenedor. *Revista internacional de Contaminación Ambiental*, 34(2), 373-382. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37057103001>
- Etim, U. J.; Umoren, S. A. y Eduok, U. M. (2016). Coconut coir dust as a low cost adsorbent for the removal of cationic dye from aqueous solution. *Journal of Saudi Chemical Society*, 20(1), S67-S76. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.09.014>
- Ewecharoen, A.; Thiravetyan, P. y Nakbanpote, W. (2008). Comparison of nickel adsorption from electroplating rinse water by coir pith and modified coir pith. *Chemical Engineering Journal*, 137(2), 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.04.007>
- Flórez, N.; Illera, M.; Sánchez, M.; Lodeiro, P.; Torres, M. D.; López, M. E.; Soto, M.; de Vicente, M. S. y Domínguez, H. (2021). Integrated valorization of *Sargassum muticum* in biorefineries. *Chemical Engineering Journal*, 404, 125635. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2020.125635>
- Gavilanes, I.; Jara, J.; Idrovo, J.; Bustamante, M. A.; Moral, R. y Paredes, C. (2016). Windrow composting as horticultural waste management strategy – A case study in Ecuador. *Waste Management*, 48, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.026>
- Granados, D. y López G. F. (2002). Manejo de palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39-48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980105>
- Guerrero, E. M.; Criollo, H.; Chávez, G. y Vélez, J. A. (2021). Evaluation of physical and chemical variables of organic substrates in a hydroponic system for strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(2), 50-62. <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.158>
- Islas, I. y Tzecz, M. (2021). Research opportunities on the coconut (*Cocos nucifera* L.) using new technologies. *South African Journal of Botany*, 141, 414-420. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.030>
- Jayakumar, M.; Nemera, A.; Subbairi, R.; Ponraj, M.; Kumar, K.; Kumar, A.; Muthusamy, G.; Kim, W. y Karmegam, N. (2022). Chemosphere Detoxification of coir pith through refined vermicomposting engaging *Eudrilus eugeniae*.

- Chemosphere*, 291(P2), 132675. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132675>
- Karmegam, N.; Jayakumar, M.; Govarthan, M.; Kumar, P.; Ravindran, B. y Biruntha, M. (2021). Precomposting and green manure amendment for effective vermitransformation of hazardous coir industrial waste into enriched vermicompost. *Bioresource Technology*, 319, 124136. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124136>
- Ma, Q.; Liu, L.; Zhao, S.; Huang, Z.; Li, C.; Jiang, S.; Li, Q. y Gu, P. (2022). Biosynthesis of vanillin by different microorganisms: a review. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(3), 1-9. <https://doi.org/10.1007/S11274-022-03228-1>
- Ma, Y. B. y Nichols, D. G. (2006). Phytotoxicity and detoxification of fresh coir dust and coconut shell. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 35(1-2), 205-218. <https://doi.org/10.1081/CSS-120027644>
- Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3rd ed. Academic Press Inc. San Diego, USA.
- Martínez, P. F. y Abad, M. (1993). Soilless culture of tomato in different mineral substrates. *Acta Horticulturae*, 323, 251-260. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.323.23>
- Maruchis, A.; Cueto, J. R.; Santos Y.; Romero, W.; Raixa, L. y Rhode, W. (2007). Variabilidad morfológica y molecular de una población de cocoteros verdes en la región de Baracoa. *Cultivos Tropicales*, 28(3), 69-75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215844011>
- Monsalve, O. I.; Henao, M. C. y Gutiérrez, J. S. (2021). Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1977
- Muniswaran, P. K. A. y Charyulu, N. C. L. N. (1994). Solid substrate fermentation of coconut coir pith for cellulase production. *Enzyme and Microbial Technology*, 16(5), 436-440. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(94\)90161-9](https://doi.org/10.1016/0141-0229(94)90161-9)
- Namasivayam, C.; Dinesh, M.; Selvi, K.; Ashruffunissa, R.; Vanathi, T. y Yamuna, R. T. (2001). "Waste" coir pith - A potential biomass for the treatment of dyeing wastewaters. *Biomass and Bioenergy*, 21(6), 477-483. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(01\)00052-6](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(01)00052-6)
- Nattudurai, G.; Vendan, S. E.; Ramachandran, P. V. y Lingathurai, S. (2014). Vermicomposting of coirpith with cowdung by *Eudrilus eugeniae* Kinberg and its efficacy on the growth of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(1), 23-27. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.12.003>
- Noguera, P.; Abad, M.; Puchades, R.; Maquieira, A. y Noguera, V. (2011). Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 34(3-4), 593-605. <https://doi.org/10.1081/CSS-120017842>
- Prabaningtyas, R. K.; Putri, D. N.; Utami, T. S. y Hermansyah, H. (2018). Production of immobilized extracellular lipase from *Aspergillus Niger* by solid state fermentation method using palm kernel cake, soybean meal, and coir pith as the substrate. *Energy Procedia*, 153, 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.010>
- Pratheep, V. G.; Priyanka, E. B.; Thangavel, S.; Gousanal, J. J.; Antony, P. T. B. y Kavin, E. D. (2021). Investigation and analysis of corn cob, coir pith with wood plastic composites. *Materials Today: Proceedings*, 45(P2), 549-555. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.288>
- Rejani, C. T. y Radhakrishnan, S. (2022). Microbial conversion of vanillin from ferulic acid extracted from raw coir pith. *Natural Product Research*, 36(4), 901-908. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1849194>
- Seob, Y.; In, K.; Park, E.; Byoung, C.; Lee, C. W. y Choi, M. C. (2021). Changes in the chemical properties of coir dust with increasing aging time and development of a method for determining moderate aging degree. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 62(4), 547-557. <https://doi.org/10.1007/s13580-021-00339-w>
- Vargas, P.; Castellanos, J.; Sanchez, P.; Tijerina, L.; López, R. M. y Ojedeagua, J. L. (2008) Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 31(4), 375-381. <https://doi.org/10.35196/rfm.2008.4.375>
- Zhang, R.; Cao, H.; Sun, C. y Martin, J. J. J. (2021). Characterization of Morphological and Fruit Quality Traits of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Germplasm. *HortScience*, 56(8), 961-969. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15887-21>