



Carbón activado y su aplicación en el cultivo in vitro de plantas de coco

Beatriz Escobar Morales
Carlos Mariano Oropeza Salín
María del Socorro Narvaez Cab



Carbón activado y su aplicación en el cultivo in vitro de plantas de coco

Un nuevo aliado: el carbón activado

En los últimos años, el carbón activado ha estado en el centro de atención, y no es para menos. Este material tiene características relevantes porque podemos modificarlo fácilmente para adaptarlo a diferentes usos, desde filtrar agua, limpiar el aire, hasta utilizarlo en el cultivo in vitro de plantas. Hasta ahora, la mayoría del carbón activado que usamos proviene de fuentes no renovables como el carbón, la turba, o incluso restos de refinerías. También se ha fabricado a partir de materiales como el bambú o la madera.

Cómo citar este artículo: Escobar-Morales B, Oropeza-Salín CM, Narvaez-Cab M. 2025. Carbón activado y su aplicación en el cultivo in vitro de plantas de coco. Revista Ciencia y Naturaleza (1135)





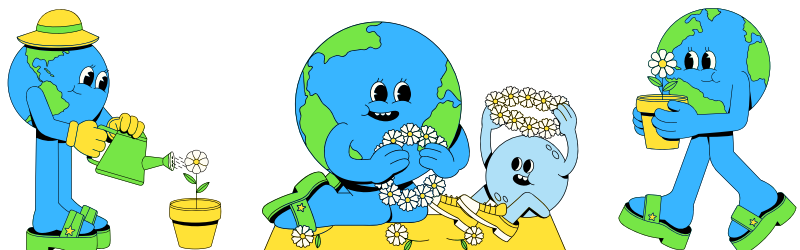
Pero, ¿qué pasaría si pudiéramos crear un carbón activado más barato, respetando al medio ambiente? En los últimos años muchos investigadores han estado trabajando arduamente en este tema y han encontrado una solución brillante: ¡usar residuos de biomasa! Nos referimos a residuos con una estructura química constituida de carbono, como los desechos agrícolas o los subproductos industriales del procesamiento de materiales vegetales.

La biomasa está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, que son como los bloques de construcción de las plantas. Al procesar estos materiales, podemos crear un carbón activado más económico con características específicas y, lo mejor de todo, ¡100% renovable!

Residuos de huertas de coco para hacer carbón activado



Imagina que en lugar de quemar o tirar estos restos de plantas, los usamos para crear algo útil y amigable con el medio ambiente. Este enfoque no solo evita la contaminación, sino que convierte los residuos en un recurso valioso. Es por eso que el carbón activado hecho a partir de biomasa representa una importante oportunidad en el mundo de los materiales, y está listo para ayudarnos a cuidar el planeta de manera inteligente y sostenible.





El carbón activado no solo es genial por lo que puede hacer, sino también por cómo se elabora. Sus propiedades, es decir, lo que lo hace único, dependen tanto de la biomasa de la que proviene como del proceso que se utiliza para obtenerlo y para activarlo.

Existen dos formas principales de activar el carbón: la activación física y la activación química. La activación física, es como hornear un pan en dos pasos. Primero, se calienta la biomasa en ausencia de oxígeno, lo que llamamos carbonización.



Luego, se introduce vapor en una atmósfera inerte (sin oxígeno) para abrir los poros, creando así el carbón activado. Mientras que, en la activación química, el proceso se realiza en un solo paso. Este método no solo es más rápido y eficiente, sino que también es más económico y sostenible.



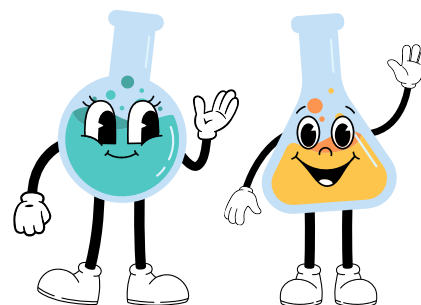


Al usar agentes químicos (como ZnCl_2 , H_2SO_4 , KOH), entre otros, se puede hacer la carbonización y la activación al mismo tiempo. La activación química tiene la ventaja de darle al carbón activado una superficie llena de grupos funcionales diversos. Estos grupos son como pequeñas pinzas que atrapan impurezas u otras sustancias, lo que hace que el carbón sea súper efectivo.

Además, este método permite crear una estructura de poros más variada y eficiente, incluyendo poros grandes (macroporos), medianos (mesoporos), y pequeños (microporos). Cada uno de estos poros tiene su propio trabajo, y juntos hacen que el carbón activado sea capaz de atrapar todo tipo de sustancias.



Entre todos los agentes químicos, el KOH (hidróxido de potasio) es considerado el mejor porque, además de ser efectivo, es menos dañino para el medio ambiente que otros productos químicos. ¿Cómo funciona? Bueno, imagina que tomamos biomasa (que es básicamente material orgánico) y la cocinamos en presencia de KOH a temperaturas muy altas, pero sin quemarla por completo.



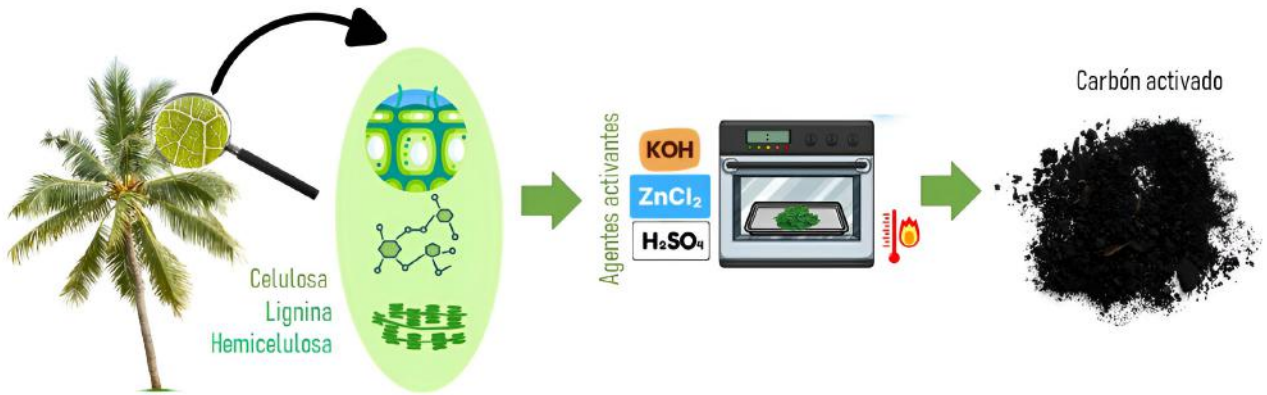


Figura 1: Elaboración del carbón activado a partir de la biomasa residual de plantaciones de coco.

Cuando hacemos esto, el KOH entra en acción y empieza a reaccionar, creando muchos poros en la biomasa y creando una especie de esponja súper porosa. ¡Esta esponja es especial porque tiene muchos microporos y mesoporos! Usar KOH para activar biomasa no solo produce un carbón activado con una alta superficie y una estructura de poros ideal, sino que también ayuda a generar un alto rendimiento de este material tan valioso.

Plantaciones de coco

Las plantas son una de las piezas claves del planeta para que todo funcione bien y para que nosotros podamos estar saludables. ¿Sabías que ellas tienen la increíble habilidad de absorber CO₂ y transformarlo en el oxígeno que respiramos? Además, son expertas en aprovechar la luz del sol para crear fitonutrientes que nuestro cuerpo necesita.



El coco es una de estas plantas; su fruto es redondo y alargado tiene carne blanca fibrosa y aceitosa, al principio es verde, pero cuando madura se convierte en un marrón característico. La cáscara del coco es fuerte, rugosa y tiene filamentos que parecen pequeños vellos. Existen probablemente más de 100 cultivares de plantas de coco, y algunas de ellas crecen a la orilla del mar, mientras que otras pueden desarrollarse a más de 1,000 metros de altura.

Una planta de coco puede vivir entre 70 y 100 años, y aunque tarda entre 3 y 5 años en empezar a dar frutos, cuando lo hace, ¡no para!, una planta puede producir entre 50 y 100 cocos y algunas en las mejores condiciones 200 cocos o más. No es de extrañar que el coco sea un ingrediente básico en la vida diaria de muchas personas en climas tropicales.



Sus propiedades nutricionales son súper completas, y tiene un montón de usos medicinales. Sin embargo, las cosas no son tan buenas para la planta de coco en México. En 2022 se produjeron 226 mil toneladas en una superficie de cien mil hectáreas.



Pero desafortunadamente, la producción está en peligro debido a varios factores preocupantes: las plantas están envejeciendo (algunas tienen más de 50 años), las plantaciones no siempre se manejan bien, y enfermedades mortales como el amarillamiento letal están afectando gravemente los cultivos.

El amarillamiento letal es como el villano número uno de las plantas de coco y otras palmas. Esta enfermedad, causada por un fitoplasma, es tan peligrosa que, una vez que aparecen los primeros síntomas visibles, las plantas afectadas suelen morir en un plazo de 3 a 6 meses.



Las vastas áreas llenas de plantas de coco en las costas del Caribe y del Atlántico en Centro y Sudamérica también están en peligro, porque la variedad de coco más común es muy vulnerable a esta enfermedad. Esta epidemia ya ha invadido las costas del Golfo y del Caribe en México, así como Belice y Honduras entre otros países, donde millones de palmas han muerto. Sin embargo, no todo está perdido. En algunas islas del Caribe, como Jamaica, lograron evitar que el amarillamiento letal se convirtiera en una epidemia.



¿Cómo lo hicieron? Aplicaron estrategias inteligentes, replantando con palmas que son resistentes a esta enfermedad. Afortunadamente, lo mismo ha ocurrido en México. Para poder replantar el cultivo de coco con material resistente de forma más rápida y segura se puede utilizar la micropropagación de palmas *in vitro* para producir plantas de forma muy eficiente.

Cultivo in-vitro

El término "*in vitro*"; se refiere a experimentos que se realizan fuera del organismo, en un entorno controlado, utilizando células, tejidos u órganos cultivados en un medio nutritivo. En el cultivo clásico *in vitro*, se usan células que provienen de un organismo multicelular. Muchas de estas líneas celulares se cultivan regularmente y están disponibles para su uso en investigación.



Cultivar plantas de coco en el laboratorio es un desafío. Afortunadamente en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) se ha logrado desarrollar un proceso muy eficiente.



El cultivo *in vitro* de plantas de coco es como crear un pequeño laboratorio para las plantas dentro de un frasco de vidrio. En lugar de crecer al aire libre, las plantas de coco se cultivan en un ambiente artificial y controlado. Para comenzar, se toma un pedacito de la planta, como una hoja, un segmento de tallo, o un embrión, y se coloca en un medio nutritivo estéril, gelatinoso o semisólido, proporcionando todos los nutrientes necesarios para que la planta crezca.

Uno de los componentes del medio de cultivo es el carbón activado que es fundamental en el cultivo *in vitro* de las plantas de coco.



El carbón activado es un componente fundamental en los medios de cultivo para la micropropagación del coco, pero es muy caro, y sería muy conveniente contar con un carbón de calidad que fuera más barato, lo que nos ayudaría a reducir los costos de la producción *in vitro* de las plantas.



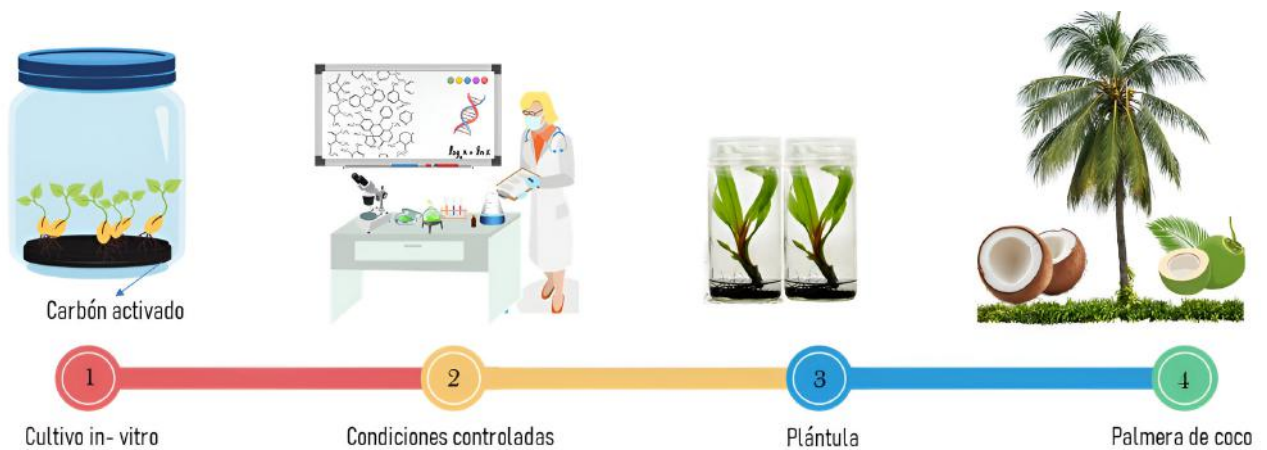


Figura 2: Cultivo in vitro de plantas de coco

Para este propósito, en el CICY se está desarrollando un carbón activado que se pueda obtener a un menor costo, partiendo de las hojas de las plantaciones de coco que actualmente representan un problema en el manejo de residuos y fitosanitario. Por lo que, además, esto sería benéfico para el medio ambiente, pues en lugar de que los productores quemen las hojas y generen más contaminación, estas se utilizarían para la obtención de un producto que les genere ganancias adicionales.

Por otro lado, el carbón activado es un polvo no soluble y se requieren cantidades muy pequeñas para el medio de cultivo, siendo difícil dosificarla en cada recipiente. Por lo que, para facilitar su manejo, sería conveniente inmovilizar al carbón activado en una matriz polimérica de policarbonato, la cual se integraría al medio de cultivo. De esta forma, este nuevo producto, que se está desarrollando en el CICY, podría contribuir también a incrementar la eficiencia de la micropropagación de coco.



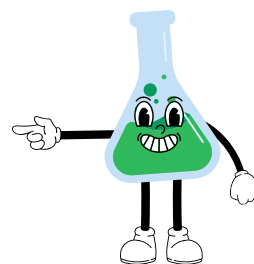
En resumen, el desarrollo de este carbón activado a partir de residuos de hojas de coco no solo representa una solución innovadora para reducir los costos de la micropropagación, sino que también contribuye de manera significativa al manejo sostenible de los residuos agrícolas. Al reutilizar las hojas de coco en lugar de quemarlas, no solo se disminuye la contaminación ambiental, sino que también se generan oportunidades económicas adicionales para los productores.

Con el avance en la inmovilización del carbón activado en matrices poliméricas, se está transformando no solo la forma en que se utiliza este recurso en el cultivo *in vitro*, sino también la eficiencia del proceso. Esta propuesta representa un paso hacia la integración de soluciones ecológicas y económicas que fortalecen el sector agrícola, con un impacto positivo tanto para el medio ambiente como para los productores. 🍀



Agradecimientos

Al CONAHCYT por el financiamiento CBF2023-2024-1120



Para Consulta

- Sandoval-Cancino G, Sáenz L, Chan JL, *et al.* 2016. Improved formation of embryogenic callus from coconut immature inflorescence explants. *In vitro Cellular & Amp Developmental Biology-Plant* (52): 367-378.
- Sudha R, Niral V, Samsudeen K. 2021. Botanical Study and Cytology, 13-25. In: Rajesh ML, Ramesh SV, Lalith Perera, Chittaranjan Kole (Eds). *The Coconut Genome*. Springer.
- Carbon activado. [\[Link\]](#)



Crédito de imágenes en orden de aparición: Suriphon Singha (Getty Images, GI), Vladimir Zapletin (GI), fotografixx (GI), Billion Images, Larisa Stefanuyk (GI), Magtira Paolo (Sketchify), troninphoto (GI), Julia Filirovska (Pexels), Christopher Pluta (Pixabay), iconsy, Sketchify, Julia Filirovska (Pexels), Anete Lusina (Pexels), ZeroEightstd, Tanes Ngamsom, Ad_foto (GI), Photon-Photos (GI), PetitNuage (GI), NooUma (GI), MorganPhoont, Notionpic, Irasutoya, Victoria Sergeeva, mayalis, Epitavi (GI), Grigorenko (GI), _Vilor (GI), heyrabbiticons, Teddy Alfansyah, Vladimir Zapletin (GI), Pixelshot, Goodstudio, Microgen (GI). Crédito de figuras: Proporcionadas por los autores. Los autores declaran que utilizaron chatGTP y confirman que ningún párrafo ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras.

Dr. Jorge Rocha

Editor Asociado Revista CyN.

Diseño: Isis G. Tovar De La Cruz

Irlanda Edith Garcia Corona



Beatriz Escobar Morales

Investigadora por México adscrita al CICY. Sus áreas de interés son el desarrollo de materiales de carbono obtenidos de la biomasa y síntesis verde de nanopartículas metálicas a partir de extractos naturales para aplicaciones en la generación de energía, así como el desarrollo de prototipos en tecnología del hidrógeno.

Contacto: beatriz.escobar@cicy.mx



María Del Socorro Narvaez Cab

Doctorado en Biotecnología. Trabaja en área de investigación de plantas específicamente con el cultivo del cocotero en el área de detección de patógenos, marcadores moleculares de identidad genética y cultivo in vitro de cocotero, en el Centro de investigación Científica de Yucatán (CICY).



Carlos Mariano Oropeza Salín

Pinvestigador titular del CICY. Sus áreas de investigación son el cultivo in vitro de cocotero, plagas y enfermedades del cocotero, y en general estudios integrales para resolver los problemas que afectan el cultivo de cocotero. contacto: cos@cicy.mx