Rutas emergentes de alto valor para la biomasa residual del mucílago y la cáscara de cacao: revisión sistemática de nanocelulosa, biochar y compuestos bioactivos

Daniela Corzo, Yamarlys Sandoval, Efrain Boom-Cárcamo, Claudia Vergel-Castro
Universidad Popular del Cesar

Resumen

La agroindustria del cacao genera grandes volúmenes de cáscara de mazorca (CPH), cascarilla del grano y mucílago que, en su mayoría, se abandonan en las fincas o se subutilizan. Esta revisión sistemática, conducida conforme a la declaración PRISMA 2020, analizó 141 estudios publicados entre 2016 y 2026 sobre la valorización de estos residuos, organizados en una matriz de extracción de 34 variables. Los estudios se agruparon en seis categorías de valorización: biochar, hidrochar y carbón activado (61,7 %); compuestos bioactivos e ingredientes (17,0 %); biorrefinería integral y revisiones (7,8 %); nanocelulosa y celulosa (5,7 %); bioenergía (4,3 %), y biomateriales e insumos (3,5 %). La producción científica creció de forma sostenida a partir de 2019 y se concentró en América Latina y el Caribe (41,1 %), Asia (29,1 %) y África (20,6 %), con Indonesia, Colombia y Ecuador como principales países. La cáscara de mazorca fue la materia prima dominante (80,9 %), mientras que el mucílago apareció solo en cuatro estudios (2,8 %). Dentro del biochar predominaron la adsorción de contaminantes en aguas y gases (47,1 %) y la enmienda de suelos (25,3 %). El 67,4 % de los trabajos se ubicó en escala de laboratorio (TRL 1–3), solo el 2,8 % incluyó análisis de ciclo de vida y el 5,0 %, análisis técnico-económico. Se concluye que las rutas de alto valor (nanocelulosa, extractos bioactivos y carbones para almacenamiento de energía) están poco desarrolladas frente al biochar convencional, y que el mucílago constituye la principal brecha de conocimiento. Se propone una agenda de investigación orientada a la biorrefinería en cascada, la estandarización de la caracterización, el escalamiento y la evaluación integrada de sostenibilidad.

Palabras clave: Theobroma cacao, cáscara de mazorca, mucílago, nanocelulosa, biochar, compuestos bioactivos, biorrefinería, economía circular

Correspondencia: dccorzo@unicesar.edu.co, yisabelasandoval@unicesar.edu.co, efrainboom@unicesar.edu.co, cvergel@unicesar.edu.co