

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES



**Raquis de banano para la producción de materiales porosos
para su uso potencial en adsorción de colorantes en medio
acuoso y almacenamiento de energía**

TESIS

**Para optar el grado académico de Doctor en Ciencias
Ambientales**

Autor: Mg. Eber Leopoldo Herrera Palacios

Tumbes, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES



Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Carlos Alberto Deza Navarrete (Presidente)

Dr. Eber Gines Tafur (Secretario)

Dr. Enrique Edison Benites Juárez

(Miembro)

Dr. Miguel Antonio Puestas Chully (Miembro)

Dr. Leocadio Malca Acuña

(Miembro)

Tumbes, 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES



Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:

Mg. Eber Leopoldo Herrera Palacios (Ejecutor)

Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz cerro (Asesor)

Tumbes. 2021

Dedicatoria

Quiero agradecer a DIOS todo poderoso por darme la oportunidad de poder dedicar este trabajo a mis padres Bartola y Rufino.

A mis hijos Geremi Max Emir, Eber Teo Gael y Heiky ken Kalet, por ser las personas de mi vida que a pesar de su corta edad me fortalecen espiritualmente e impulsan mis deseos de superación, también le agradezco a mi esposa por tolerar y comprender mis ausencias durante los días que he desarrollado mis estudios de doctorado y este trabajo de investigación en la Universidad Nacional de Tumbes, así como el tiempo que estuve en la Universidad de Oulu Finlandia.

A mi profesor asesor el Doctor Gerardo J.F. Cruz Cerro, así mismo a la Doctora Mónica Marcela Gómez León y al Doctor José Solís Veliz por sus enseñanzas y consejos impartidos durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis amigos y docentes de la Universidad Nacional de Tumbes que me brindaron su apoyo y confianza en el momento que yo lo he requerido.

Al personal no docente de la Universidad Nacional de Tumbes, por su apoyo tolerancia y orientaciones en los trámites generales durante el desarrollo de mis estudios de doctorado.

Agradecimiento

Se agradece a la Universidad Nacional de Tumbes por el apoyo logístico y económico a través de sus diferentes proyectos canon desarrollados en el “Grupo de Investigación Aprovechamiento de Biomasa Residual Agroindustrial para diversas aplicaciones – Enfoque desde nano y biotecnología”.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) contrato N° 024-2016-FONDECYT, Circulo de investigación “Desarrollo de materiales y dispositivos para la aplicación de estrategias renovables y medioambientales que permitan el suministro de energía y agua para una vivienda rural sostenible”, liderado por la Dra. Mónica Gómez León y Dr. José Luis Solís Veliz.

A la Universidad de Oulu Finlandia – Facultad de Tecnología, Grupo de Investigación de Química y Medio Ambiente, representada por la Profesora Riitta Keiski, por el apoyo técnico con el análisis de muestras de carbones.

A la Dra. Karina Cuenta Gallegos del Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional autónoma de México por el apoyo técnico en los análisis electroquímicos.

RESUMEN

La utilización de biomasa residual de la agricultura es una fuente renovable de materiales lignocelulósicos utilizados para la producción de materiales con alta porosidad para aplicaciones como tratamiento de aguas y almacenamiento de energía renovable. En la presente tesis se obtuvo hidrocarbón y biocarbón a partir de raquis de banano, un material abundante en el norte del Perú, utilizando procesos de un solo paso, para su utilización en adsorción de colorantes en medio acuoso y para almacenamiento de energía. El biocarbón obtenido de raquis de banano presentó propiedades texturales, estructurales y de química superficial superiores a las del hidrocarbón. El biocarbón derivado de raquis de banano mostró valores máximos de adsorción de 25,58 mg/g de azul de metileno y 650,5 mg/g de verde de malaquita. Así mismo, este material alcanzando valores de capacitancia de entre 131,8 y 193,4 F/g. El biocarbón derivado de raquis de banano presentó potencial para ser utilizado como material adsorbente y para almacenamiento de energía.

Palabras Clave: raquis de banano, biocarbón, tratamiento hidrotermal, almacenamiento de energía

ABSTRACT

Utilization of residual biomass from agriculture is a renewable source of lignocellulosic materials used to produce materials with high porosity for applications such as water treatment and renewable energy storage. In this thesis, hydrocarbon and biochar were obtained from banana rachis, an abundant material in northern Peru, using single-step processes, as materials for adsorption of dyes in aqueous medium and energy storage. The biochar obtained from banana rachis revealed textural, structural, and surface chemical properties superior to those of hydrocarbon. Biochar derived from banana rachis showed maximum adsorption values of 25,58 mg/g of methylene blue and 650,5 mg/g of malachite green. Likewise, this material reaching capacitance values of between 131,8 and 193,4 F/g. The biochar derived from banana rachis presented potential to be used as adsorbent material and for energy storage.

Keywords: banana rachis, biochar, hydrothermal treatment, energy storage