

Biorefinery Processes (BioRP)

M. Mirari Antxustegi, María González Alriols

Grupo Procesos de Biorefinería, BioRP. Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente. Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa. Universidad del País Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea

El grupo de investigación Biorefinery Processes (BioRP), liderado por el doctor Jalel Labidi, desarrolla su actividad en el Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente de la Universidad del País Vasco (EHU). Tiene su sede en la Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa en Donostia-San Sebastián.

El grupo (Imagen 1) se sitúa dentro del marco científico de la biorrefinería integral, entendida como una estrategia de valorización de la biomasa

que persigue la obtención simultánea de energía, productos químicos y materiales a partir de recursos renovables. Este enfoque se apoya en la integración de ingeniería de procesos, química de biomasa y ciencia de materiales, abarcando todas las etapas de la cadena de valor, desde el pretratamiento y fraccionamiento de la materia prima hasta el diseño de productos finales y la evaluación ambiental y tecno-económica de los procesos.



Imagen 1. Miembros del grupo de investigación BioRP.

Image 1. BioRP research group members

En este contexto, las líneas de investigación desarrolladas por BioRP reflejan una evolución desde el estudio clásico de los macrocomponentes de la biomasa lignocelulósica, celulosa, hemicelulosa y lignina hacia un enfoque más amplio, orientado a la generación de materiales funcionales y a la intensificación de procesos sostenibles. Paralelamente, se lleva a cabo un importante esfuerzo en el diseño, simulación e integración de procesos, con especial atención a la optimización energética y a la minimización del impacto ambiental, en línea con los principios de la economía circular.

El grupo BioRP ha desempeñado un papel relevante en la Red temática de Biorrefinerías Sostenibles (BIOSOS), participando en distintas convocatorias financiadas a nivel nacional (2016, 2018 y 2022) y colaborando con grupos de investigación de numerosas universidades españolas y centros de investigación nacionales. Esta red integra capacidades complementarias en áreas clave como el fraccionamiento y valorización de biomasa, procesos termoquímicos y catalíticos, transformaciones químicas y bioquímicas, modelización y evaluación de sostenibilidad, favoreciendo un enfoque interdisciplinar y sistémico. La participación en BIOSOS ha permitido reforzar la cooperación científica, impulsar el desarrollo de líneas conjuntas y promover la transferencia de conocimiento hacia el tejido productivo, contribuyendo a la generación de

soluciones tecnológicas más eficientes y sostenibles.

Dentro de este marco general, la línea de investigación centrada en la obtención y aplicación de materiales carbonosos derivados de biomasa —principalmente biochar e hidrochar— ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. El trabajo desarrollado por el grupo en esta línea se ha orientado hacia el diseño de materiales adsorbentes basados en biochar e hidrochar activado para su aplicación en la remediación de corrientes industriales, prestando especial atención a la eliminación de compuestos orgánicos. Esta investigación se aborda de forma sistemática desde una perspectiva claramente ingenieril, en la que el comportamiento del material no se disocia del proceso de producción que lo genera.

Esta línea de investigación está fundamentalmente impulsada por las investigadoras María González Alriols (ORCID: 0000-0002-1607-6603) y M. Mirari Antxustegi Bengoetxea (ORCID: 0000-0003-3188-5887), cuyas trayectorias consolidan la base científica y tecnológica del desarrollo de biocarbones e hidrocarbones en el grupo. Ambas cuentan cerca de dos décadas de experiencia investigadora en el ámbito de la valorización de biomasa lignocelulósica y la ingeniería de procesos de biorrefinería, participando de forma activa en numerosos proyectos competitivos y colaboraciones internacionales.

En particular, María González Alriols ha desarrollado una línea sólida en el diseño, simulación y optimización de procesos de biorrefinería, acumulando varias decenas de publicaciones en revistas indexadas y participación en más de medio centenar de proyectos de I+D+i, tanto como investigadora principal como miembro del equipo. Su actividad científica se caracteriza por la integración de datos experimentales con herramientas de modelado orientadas al escalado de procesos. Por su parte, Mirari Antxustegi Bengoetxea ha centrado su investigación en el desarrollo y caracterización de materiales carbonosos para aplicaciones energéticas y ambientales. Más concretamente, se ha especializado en valorización energética de la biomasa y en el análisis de sistemas avanzados de conversión termoquímica aplicados a la obtención de materiales y vectores energéticos sostenibles.

En conjunto, ambas investigadoras han contribuido de forma decisiva al desarrollo de la línea de biocarbones, combinando capacidades en síntesis y caracterización de materiales con competencias avanzadas en ingeniería de procesos, lo que se refleja en una producción científica sostenida, la dirección de tesis doctorales y la consolidación de esta línea como uno de los ejes estratégicos del grupo BioRP. En este contexto, los trabajos más recientes del grupo reflejan de manera clara esta aproximación integrada entre diseño de materiales y

desarrollo de procesos.

El trabajo publicado en *Fuel*, 2024, (<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.130994>) titulado “Improving process sustainability in bio-oil transforming for biofuels and platform chemicals production: valorization of the carbon residue” (Imagen 2) aborda la mejora de la sostenibilidad en los procesos de transformación de bio-oil para la producción de biocombustibles y plataformas químicas, poniendo el foco en la valorización del residuo carbonoso generado durante estos tratamientos. El estudio propone una estrategia integrada que permite aprovechar este subproducto sólido, tradicionalmente considerado un residuo, como fuente de materiales de valor añadido, contribuyendo así a cerrar el ciclo de aprovechamiento de la biomasa. A través del análisis de diferentes condiciones de proceso, los autores demuestran que la valorización del residuo carbonoso no solo mejora el rendimiento global del sistema, sino que también reduce el impacto ambiental y aumenta la eficiencia en el uso de recursos. Asimismo, se pone de manifiesto que este residuo presenta propiedades adecuadas para su uso potencial en aplicaciones como materiales adsorbentes o energéticos. El trabajo destaca la importancia de incorporar enfoques de valorización integral en las biorrefinerías, promoviendo procesos más sostenibles, eficientes y alineados con los principios de la economía circular.

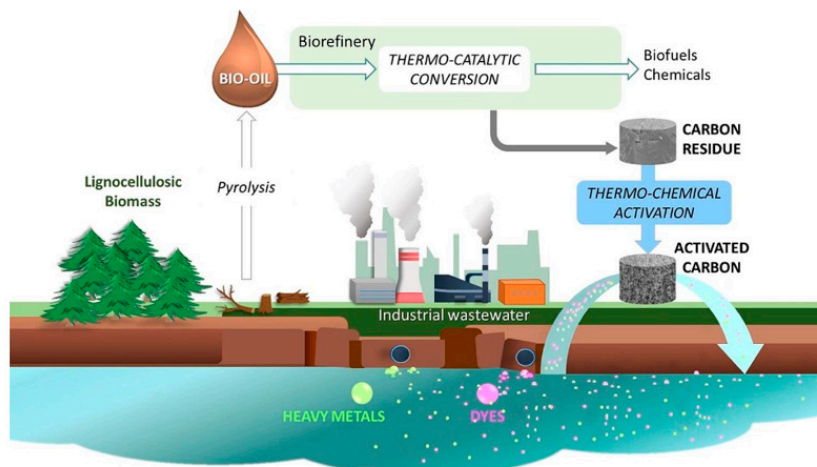


Imagen 2. Resumen gráfico del trabajo “Improving process sustainability in bio-oil transforming for biofuels and platform chemicals production: valorization of the carbon residue”.

Image 2. Graphical abstract of the work “Improving process sustainability in bio-oil transforming for biofuels and platform chemicals production: valorization of the carbon residue”.

El reciente trabajo “A competitive approach for the production of activated carbons from lignocellulosic biomass” publicado en *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2026, (<https://doi.org/10.1007/s10098-025-03400-9>), ver Imagen 3, presenta un enfoque competitivo para la producción de carbones activados a partir de biomasa lignocelulósica, orientado a superar las limitaciones asociadas a su escalado industrial. En este estudio se comparan distintas rutas termoquímicas de obtención, prestando especial atención a la integración de etapas de carbonización y activación en procesos más eficientes. El trabajo analiza parámetros clave

como la superficie específica, la distribución de tamaño de poro y la accesibilidad de la porosidad, demostrando que los carbones activados producidos presentan un alto potencial para aplicaciones en remediación ambiental, especialmente en la eliminación de contaminantes en fase acuosa. En cuanto a la eficiencia del proceso, los resultados muestran que la integración de la pirólisis y activación en una sola etapa permite reducir significativamente el consumo energético, el uso de reactivos y el tiempo de operación, manteniendo o incluso mejorando las propiedades texturales y la capacidad adsorbente de los materiales obtenidos.

En paralelo, el trabajo publicado en *Recycling*, 2026, (<https://doi.org/10.3390/recycling11030050>), ver Imagen 4, profundiza en la valorización integral de residuos lignocelulósicos de poda de manzano mediante la producción de biocarbones activados e hidrochar, abordando de manera sistemática su aplicación en la adsorción de colorantes orgánicos en medios acuosos. El estudio combina herramientas avanzadas de optimización experimental, como la metodología de superficie de respuesta (RSM), con un análisis cinético detallado y la modelización mecanística del proceso de adsorción, lo que permite identificar no solo las condiciones operativas óptimas (relación sólido-líquido, concentración inicial, temperatura o tiempo de contacto), sino también los mecanismos dominantes de interacción sólido-adsorbato. En particular, se pone de manifiesto la relevancia de fenómenos como la difusión intraparticular, la adsorción en monocapa sobre superficies heterogéneas y las interacciones

π - π y electrostáticas asociadas a la composición aromática y funcional de los materiales. Asimismo, el trabajo establece correlaciones cuantitativas entre las propiedades fisicoquímicas de los adsorbentes —área superficial específica, distribución de poros micro- y mesoporosos, y presencia de grupos funcionales oxigenados— y su rendimiento adsorbente, evidenciando la mayor eficiencia de los materiales activados frente al hidrochar en determinadas condiciones. Desde una perspectiva de ingeniería de procesos, los resultados permiten avanzar hacia el diseño racional de materiales adsorbentes optimizados y altamente selectivos, al tiempo que refuerzan el potencial de los residuos agroforestales como materia prima sostenible para aplicaciones de tratamiento de aguas, contribuyendo al desarrollo de procesos de biorrefinería más eficientes y alineados con los principios de economía circular.

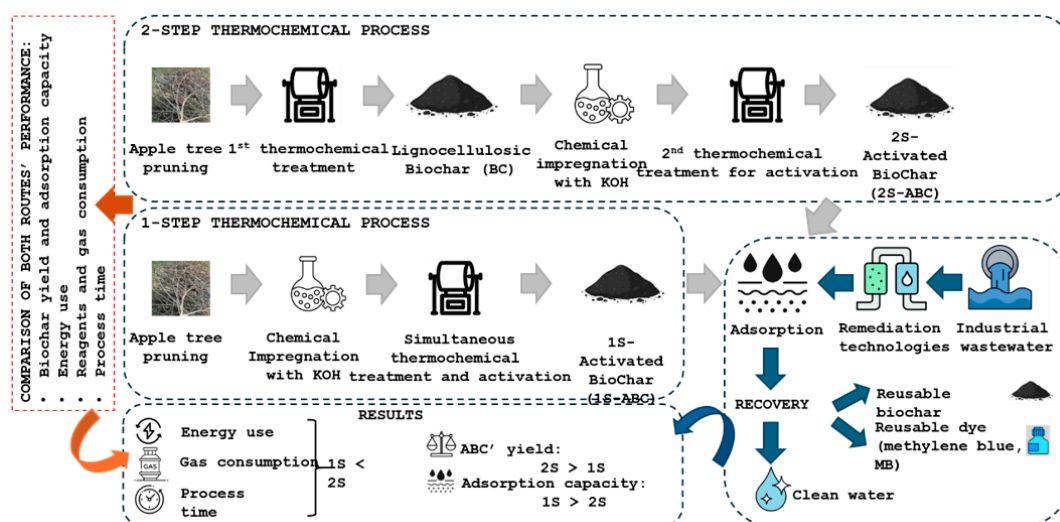


Imagen 3. Resumen gráfico del trabajo “A competitive approach for the production of activated carbons from lignocellulosic biomass”.

Image 3. Graphical abstract of the work “A competitive approach for the production of activated carbons from lignocellulosic biomass”.

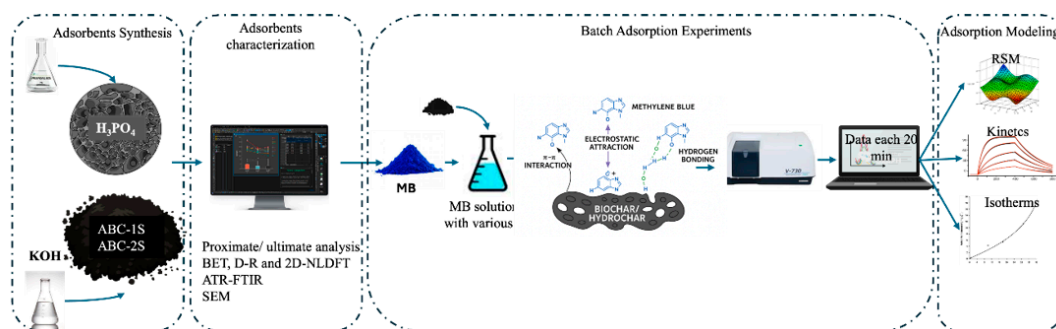


Imagen 4. Resumen gráfico del trabajo “Apple pruning-derived activated biochar and hydrochar for efficient dye adsorption: response surface methodology-guided optimization, kinetic analysis, and mechanistic modelling”.

Image 4. Graphical abstract of the work “Apple pruning-derived activated biochar and hydrochar for efficient dye adsorption: response surface methodology-guided optimization, kinetic analysis, and mechanistic modelling”.

Referencias

- [1] Ben Salah, A.; Antxustegi, M.M.; Volpe, R.; Corro, E. A competitive approach for the production of activated carbons from lignocellulosic biomass. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 2026, 28.
<https://doi.org/10.1007/s10098-025-03400-9>.
- [2] Ben Salah, A.; Antxustegi, M.M.; Corro, E.; González Alriols, M. Apple pruning-derived activated biochar and hydrochar for efficient dye adsorption: response surface

methodology-guided optimization, kinetic analysis, and mechanistic modelling. *Recycling*, 2026, 11(3), 50.

<https://doi.org/10.3390/recycling11030050>.

- [3] Valle, B.; Corro, E.; Palos, R.; Crespo, I.; Antxustegi, M.M.; Fatehi, P.; González Alriols, M. Improving process sustainability in bio-oil transforming for biofuels and platform chemicals production: valorization of the carbon residue. *Fuel*, 2024, 364, 130994.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.130994>.