

INDICE

| | |
|--|----|
| Editorial | 1 |
| Entrevista | 2 |
| Hacia la economía circular del negro de carbono por medio de la pirólisis de neumáticos fuera de uso | 5 |
| Aprovechamiento más eficiente de biomasa lignocelulósica para la obtención de materiales carbonosos de altas prestaciones y productos químicos | 13 |
| 9th International Symposium on Carbon for Catalysis | 16 |
| XXI Edición de la Conferencia Mundial del Carbón | 21 |
| 3rd International Summer School on "Carbon and related nanomaterials: Synthesis, characterization, properties and applications in energy" | 24 |
| El maravilloso mundo de los materiales basados en carbono I Jornada de jóvenes investigadores del GEC | 25 |

Editoras Jefe:

M^a Ángeles Lillo Ródenas
Universidad de Alicante

Covadonga Pevida García
Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (CSIC)

Editores:

Noelia Alonso Morales
Universidad Autónoma de Madrid

Raúl Berenguer Betrián
Universidad de Alicante

Tomás García Martínez
Instituto de Carboquímica (CSIC)

Manuel J. Pérez Mendoza
Universidad de Granada

José Luis Pinilla Ibarz
Instituto de Carboquímica (CSIC)

Fabián Suárez García
Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (CSIC)

Editorial

Arrancamos el curso con un nuevo número del Boletín del Grupo Español del Carbón. En él damos buena cuenta de la recuperación de las actividades presenciales con la participación del GEC en congresos, cursos y seminarios.

Iniciamos este número con una interesantísima entrevista a Juan Manuel Díez Tascón, Profesor de Investigación del CSIC en el Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR), en la que descubrimos los entresijos de su labor como editor de la revista Carbon. Juan Manuel también nos ofrece algunos consejos muy útiles y su opinión sincera sobre el mundo editorial.

Desde el Grupo de Investigaciones Medioambientales del Instituto de Carboquímica (ICB) en Zaragoza nos envían un artículo de divulgación sobre una temática de máximo interés como es la economía circular y el aprovechamiento de neumáticos fuera de uso en este contexto. Siguiendo en el entorno de la economía circular, nos hacemos eco del Proyecto Nacional "Aprovechamiento más eficiente de biomasa lignocelulósica para la obtención de materiales carbonosos de altas prestaciones y productos químicos (BIOMAP)", desarrollado en el Instituto Universitario de Materiales de la Universidad de Alicante (IUMA), que ha tenido un magnífico impacto científico.

Durante estos meses se ha celebrado el 9th International Symposium on Carbon for Catalysis (CarboCat-IX), en Zaragoza del 28 al 30 de junio, con la presentación de un total de 132 comunicaciones de grupos de investigación, principalmente europeos. Se ha celebrado también la 21st World Conference on Carbon en Londres del 3 al 8 de julio, tras la cancelación de la vigésima edición que debía haberse celebrado en Japón. El congreso reunió a 320 participantes y además contó con un número extraordinario de comunicaciones orales y posters. En este número contamos con dos reseñas que

recogen las notas más interesantes de estos dos eventos.

También se han retomado los cursos presenciales. Así, del 11 al 15 de Julio de 2022 tuvo lugar en Jaca (Huesca), en el marco de los Cursos Extraordinarios de la Universidad de Zaragoza, la 3^a Escuela de verano sobre "Nanomateriales de carbono y sistemas relacionados: Síntesis, caracterización, propiedades y aplicaciones en Energía".

En esta línea, y siendo conscientes de la necesidad de fomentar este tipo de eventos académicos, el GEC organiza este otoño la 1^a edición del Curso del GEC, que este año lleva por título "El Maravilloso Mundo de los Materiales basados en Carbono". El curso se celebrará del 28 al 30 de noviembre en la sede de la UNIA en Baeza (Jaén). Tras finalizarlo, en la misma sede se celebrará la I Jornada de Jóvenes Investigadores del Grupo Español del Carbón. Animamos a tod@s nuestr@s investigadores jóvenes a apuntarse a ambos eventos ¡Vosotr@s sois el futuro del GEC!

María Ángeles Lillo Ródenas

Covadonga Pevida García

Síguenos en redes:

@GecBulletin 

@GrupoCarbon 

Boletín del Grupo Español del Carbón 

Entrevistamos a ...

Es un placer contar con el Profesor Juan Manuel Díez Tascón en esta entrevista del Boletín del Grupo Español del Carbón. Juan es autor de cerca de 300 publicaciones científicas de alto impacto, desarrolla su labor como Profesor de investigación en el INCAR (CSIC, Oviedo) desde el año 2002, y es un investigador sobradamente conocido por nuestros lectores. ya que es miembro del GEC y editor de la prestigiosa revista internacional Carbon desde el año 2012.

Para empezar esta entrevista nos gustaría comenzar hablando de su investigación. ¿En qué campos de la ciencia y tecnología de los materiales de carbón ha trabajado?

Mi trabajo ha tenido que ver casi siempre con las propiedades superficiales de materiales. Hice mi tesis en un grupo que trabajaba sobre superficies de catalizadores en el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP) de Madrid. Cuando llegué al INCAR en 1985, esa experiencia previa me llevó a aplicar la ciencia de superficies a los materiales de carbono. Dedicarse a las superficies de sólidos carbonosos es algo muy común entre los miembros españoles de la comunidad científica del carbono, mientras que fuera del contexto español no lo es tanto. Algo que me diferencia de otros investigadores españoles que trabajan sobre superficies de sólidos carbonosos es mi escaso interés por la adsorción física y la porosidad, que siempre he visto como un medio más que como un fin.

Como en todo, en investigación también hay modas. Hemos vivido del auge de la investigación en nanociencia y nanotecnología del carbono y estamos viviendo el auge en investigación sobre materiales para almacenamiento de energía. ¿Hacia dónde cree que se dirige la investigación en ciencia y tecnología del carbono y cuál o cuáles cree que serán los temas punteros/ las contribuciones futuras más relevantes en nuestro campo o hot topics en el futuro cercano?

Me quedo con la palabra clave Energía, así con mayúscula. Creo que, a corto plazo, es imprescindible progresar no solo en su almacenamiento, sino también en su generación y gestión. Imagino que la actual situación mundial lleve a dotar importantes subvenciones para ese tema y que por tanto muchas investigaciones se dirijan hacia el mismo. Sin duda, los materiales de carbono tendrán mucho que decir en el conjunto de temáticas relacionadas con la energía, ya que afortunadamente su variabilidad de propiedades (y, por tanto, su campo de aplicación) son extremadamente amplios.

Una pregunta que nos gusta hacer a nuestros entrevistados tiene que ver con la inversión en I+D+i en España, ¿cuál es su opinión sobre este tema tan controvertido?

Poco tengo que añadir al unánime clamor por una mayor inversión en I+D+i en nuestro país. A la escasa inversión se añaden muchos defectos de gestión ante los que soy pesimista, porque en todos estos años no he visto soluciones o mejoras ante muchos problemas recurrentes: arbitrariedades, falta de transparencia, “café para todos”, excesiva burocratización, etc.

En relación con su papel como editor de la revista Carbon, una de las primeras cosas que queríamos comentar con usted tiene que ver con la buena salud de la que goza la investigación en carbón. ¿Le gustaría darnos su opinión respecto a la evolución de la revista desde que usted empezó a ser miembro del equipo editorial hasta ahora?

Respecto a la buena salud de la investigación en carbón yo suelo decir (ya sé que en plan algo irreverente) que la ciencia del carbono ha tenido mucha suerte en las últimas décadas. ¿Qué otro campo ha disfrutado de descubrimientos del calibre de los fullerenos, los nanotubos de carbono o el grafeno, y que se hayan producido de manera tan serendípica? Pensemos también en lo profundamente anclado que está el importante mundo de lo “nano” en esta rama de la ciencia, lo que le ha proporcionado mucha visibilidad y respetabilidad.

Estos diez años se me han pasado muy deprisa. Un cambio muy obvio en la revista es que ahora se publican muchos más “reviews” que antes (debo decir que ninguno de ambos extremos me convence). Echo de menos los editoriales del anterior editor en jefe, Peter Thrower, y sus artículos sobre la preparación de manuscritos, cuya lectura recomiendo a los investigadores que aún no lo eran cuando fueron publicados. Algo que creo que no ha cambiado es el papel de guía que la revista desempeña para la comunidad científica de este campo.

Si nos remontamos un poco más atrás en el tiempo, ¿cómo ha cambiado su perspectiva respecto a la dificultad de publicar artículos científicos en la revista Carbon en los últimos 20, 10, 5 y 1 año, aproximadamente?

Un posible modo de expresar esa dificultad es mediante el cociente entre el número de manuscritos recibidos por la revista y el número de artículos que la misma puede publicar. En los últimos 20 años el numerador ha aumentado muy considerablemente (debido sobre todo a artículos llegados de China). Sin embargo, el denominador ha aumentado solo ligeramente. No puede, por tanto, extrañarnos que cada vez sea cuantitativamente más difícil publicar en Carbon.

En un sentido más cualitativo, no negaré que hubo una época, hará unos 15 años, en que parecía que a los editores de Carbon se les había subido la ciencia a la cabeza, que solo aceptaban trabajos sobre

“nanocarbones” y que lo que sonara a materiales tradicionales para aplicaciones industriales era considerado como obsoleto. El antes citado Peter Throver se desgañaba diciendo que lo que la revista publicaba era simplemente un calco de lo que los autores enviaban. Para mi sorpresa, al poco de empezar mi andadura como editor noté que quienes se habían vuelto muy exigentes eran los “referees”, a quienes el aumento del factor de impacto de la revista parece haber motivado a juzgar los trabajos con cada vez mayor severidad.

¿Puede darnos una idea estimada sobre el número de manuscritos que recibe al año la revista Carbon y el porcentaje de rechazo previo a la revisión por pares? ¿Cuántos de ellos son finalmente publicados cada año?

Los datos que figuran en su página web para 2021 indican que la revista Carbon recibió 5588 manuscritos en el año 2021, de los que publicó 889. Por tanto, se acepta el 16% de lo que llega y se rechaza el 84%. Ese porcentaje de rechazo ha aumentado algo en los últimos cinco años (comparar con un 77% en 2017, 79% en 2018, 81% en 2019 y la misma cifra en 2020).

¿Cree que hoy en día la necesidad de publicar para poder optar a convocatorias competitivas, fundamentalmente de personal, le está restando calidad científica a los artículos?

Este es un problema que arrastramos al menos desde que yo entré por primera vez en contacto con al mundo de la investigación, y de eso hace ya más de cuatro décadas. Entonces no existían los factores de impacto ni los índices H. Después me ha tocado lidiar con estos y otros parámetros, y el problema simplemente persiste. Disponemos de medidas de la calidad de la producción científica, pero son parámetros fácilmente manipulables y, por tanto, poco fiables.

Ya que menciono cosas ocurridas en el “paleolítico” quiero contar una anécdota. Mi primer contacto con la investigación, mientras esperaba a que se resolviera una solicitud de beca predoctoral en el ICP de Madrid, fue en un grupo que trabajaba en electroanálisis en la Universidad de Oviedo. Desde entonces le tengo tanto respeto a la electroquímica, que cuando esa rama de la ciencia irrumpió con fuerza en el mundo de los materiales carbonosos hace algo más de 20 años yo decidí evitarla en lo posible. Eso lo he cumplido tan estrictamente que esta es la única temática de la que pido que procuren no asignarme manuscritos recibidos en la revista Carbon. Afortunadamente, en el panel de editores ha habido y hay grandes expertas y expertos en electroquímica, lo que ha disminuido la probabilidad de tener que ocuparme de manuscritos de ese campo.

Una pregunta que muchos de nuestros lectores pueden hacerse tiene que ver con temáticas que la revista Carbon ya no acepta. ¿Puede hablarnos

sobre qué temáticas no enviaría nunca a publicar a la revista Carbon?

Yo no tengo constancia de que la revista Carbon haya restringido temáticas; de hecho, a mí se me asignan de vez en cuando manuscritos sobre temas muy tradicionales; pero se reciben cada vez menos, creo que porque la propia comunidad científica evoluciona hacia otros temas que le resulten más atractivos. Por el contrario, la revista Carbon ha decidido la inclusión de algunas temáticas nuevas durante esta última década. Recuerdo que hace unos 8 años se decidió aceptar/potenciar la publicación de artículos sobre diamante (en volúmenes antiguos se indicaba que el campo de la revista estaba limitado a materiales carbonosos con hibridación sp^2). Más recientemente, el campo se ha abierto a los nitruros y carburos (ampliación que yo acepté con reticencias porque creía y creo que la revista debería limitarse al carbono en estado elemental).

Como tema inadecuado para la revista se me ocurren, por ejemplo, los trabajos sobre materiales compuestos o híbridos en los que el énfasis esté en la(s) fase(s) no carbonosa(s) y el componente carbonoso esté de “convidado de piedra”. O bien trabajos con muy poco componente de ciencia de materiales y dedicados a propiedades o aplicaciones muy concretas de sólidos carbonosos, que los hacen más adecuados para revistas específicamente dedicadas a esas propiedades o aplicaciones.

¿Qué consejo les daría a nuestros lectores jóvenes sobre cómo elegir la revista más adecuada a la que enviar sus contribuciones?

Creo que el factor más importante a considerar es la temática de la revista, lo que en inglés se denomina “scope”. Aconsejo ir a los “Aims and Scope” de posibles revistas, intentar leer entre líneas y decidir dónde encaja mejor nuestro trabajo. Otro posible criterio es enviarlo a una de las revistas que más frecuentemente aparezcan citadas en la lista de referencias de nuestro manuscrito. Otro consejo es que esos lectores jóvenes no se repriman y corten a sí mismos las alas siendo poco ambiciosos (me temo que, si insisto, las oficinas editoriales de Nature y Science se van a ver desbordadas con trabajos de jóvenes miembros del GEC...).

Como consejos extendidos a los menos jóvenes están: (1) escribir una meditada y justificada “cover letter” (entre otras cosas, para motivar al editor de turno a enviarlo a “referees” en lugar de a la papelera virtual); (2) una clara exposición de dónde radica la novedad del trabajo (la crítica que más frecuentemente recibo de los “referees” es que no está suficientemente explicado dónde está la novedad); (3) cosas que se nos están olvidando, como emplear el número correcto de cifras significativas, usar en la discusión artículos importantes que no sean de los dos últimos años, disminuir el número de autocitas...

Teniendo en cuenta su experiencia y conocimiento del mundo editorial y de las revistas científicas,

nos gustaría que nos diera su opinión sobre las revistas que publican grupos editoriales como, por ejemplo, MDPI.

El tema del acceso abierto me genera muchas reticencias, no solo para editoriales/revistas que funcionan exclusivamente en acceso abierto, sino también para las de acceso híbrido. Como me parece que uno de los mejores modos de luchar contra un posible enemigo es conocerle bien, he asistido a varios cursos sobre acceso abierto y ciencia abierta en general (generalmente, de formación para bibliotecarios, en los que yo era el único investigador presente). Tras haber recibido formación por parte de reconocidos expertos mi opinión sigue siendo bastante negativa.

Algo que me daría una gran satisfacción es ver triunfar a la "Declaration of Research Assessment" (DORA) hecha en San Francisco (<https://sfdora.org/read/>). Este documento propugna el progresivo abandono de las métricas basadas en el número de citas recibidas, de las que actualmente se abusa a muchos niveles, incluido el de los grupos editoriales.

Por último, si le concedieran un deseo para la ciencia y la investigación españolas en los próximos años, ¿qué pediría?

Por ejemplo, el primer premio Nóbel en física o en química concedido a un español. La consecución en 1906 del Nóbel de medicina por Santiago Ramón y Cajal propició un año después la creación en España de la JAE. Este organismo tuvo una brillante actuación en pro de la ciencia española en los años 20 y 30 del pasado siglo, hasta el punto de que esas dos décadas sean consideradas como la "Edad de Plata" de la ciencia española. Arrimando el ascua a nuestra sardina, sería fenomenal si el premio lo consiguiese alguien próximo a nuestro campo (candidatos no faltan).

Hacia la economía circular del negro de carbono por medio de la pirólisis de neumáticos fuera de uso

Towards the circular economy of carbon black through pyrolysis of end-of-life tyres

Alberto Sanchís¹, Alberto Veses^{1*}, Juan Daniel Martínez¹, Tomás García¹, Ramón Murillo¹

¹ Instituto de Carboquímica (ICB-CSIC), Zaragoza

* Autor de correspondencia: a.veses@icb.csic.es

Resumen

El negro de carbón o negro de carbono (CB por sus siglas en inglés, *Carbon Black*) es un material carbonoso amorfo producido por la combustión incompleta de hidrocarburos derivados del petróleo. Por sus características como reforzante, la producción de este material se destina mayoritariamente a la fabricación de neumáticos, por lo que resulta razonable enfocar la atención a la recuperación del mismo una vez los neumáticos han terminado su vida útil. Adicionalmente, la producción de CB supone un serio impacto ambiental en forma de emisiones de CO₂ de origen fósil (del orden de 2.4 kg de CO₂ por kg de CB producido). El coste de producción de CB mediante el proceso más común (*Furnace Black*) es bastante volátil pues está altamente ligado al precio del barril de crudo de petróleo, provocando variaciones importantes en las industrias que trabajan con este material y que finalmente repercuten en el consumidor final. Por otro lado, la economía del CB supone retos importantes en materia de sostenibilidad debido al origen fósil de las materias primas, y al desafío asociado con su recuperación una vez terminada la vida útil del producto elaborado con CB. Con base en lo anterior, este trabajo presta especial atención al proceso de pirólisis de neumáticos fuera de uso (NFU) como estrategia de recuperación del CB, y expone algunas de las aplicaciones que actualmente se vienen estudiando para la incorporación del negro

de carbono recuperado (rCB) en diferentes sectores productivos. Asimismo, se resaltan los desafíos asociados no solo con el proceso de pirólisis mencionado, sino también con el rCB de cara a su uso como alternativa al CB comercial.

1. Introducción

Desde los comienzos de la revolución industrial en el siglo XIX, se instaló en la sociedad un modelo de economía de tipo lineal. Este modelo de economía consiste en la sucesión de distintas etapas claramente marcadas (Figura 1): un producto es fabricado a partir de las materias primas previamente extraídas de la naturaleza y, después, este producto se distribuye hasta el punto de venta o usuario final. Una vez el producto termina su vida útil, se deshecha generalmente en vertederos o, en el mejor de los casos, por medio de técnicas como la incineración o la digestión aerobia o anaerobia. Solo una pequeña parte de los productos que han terminado su vida útil son reutilizados, reparados, renovados, recuperados o reciclados, en función de las características del mismo y de las tecnologías disponibles. Sin embargo, este modelo económico lineal promueve la producción y transformación de nuevas materias primas extractivas, la gran mayoría de origen fósil, lo cual conlleva un importante impacto ambiental incompatible con la visión de sostenibilidad ambiental que impera en la actualidad.



Figura 1. Modelo general de economía lineal.

Por otro lado, el modelo de economía circular surge como alternativa al modelo clásico de economía lineal, y se fundamenta en la recuperación de materias primas a partir de los productos fuera de uso con el fin de utilizarlos en la fabricación de otros bienes o servicios, o en la siguiente generación del mismo producto (Figura 2). De esta forma, es posible reducir los consumos energéticos y las materias primas asociadas a las etapas de extracción, procesamiento y disposición final, disminuyendo considerablemente la huella ambiental de la manufactura del producto.

La transición hacia la economía circular presenta una solución eficaz para el problema ambiental que supone la acumulación de residuos en vertederos.

Además, esta transición de los modelos productivos potencialmente es capaz de acelerar la economía creando nuevos modelos de negocios y puestos de trabajos. En los últimos años, debido al incremento en la sensibilidad ambiental de la población y de nuevas regulaciones, los esfuerzos para la transición de los modelos económicos de producción han sido impulsados en gran medida. De forma más concreta, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible adoptada por la Asamblea General de la ONU que incluye 17 objetivos y 169 metas, indica que la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para las economías circulares deberá ser uno de los pilares fundamentales del desarrollo tecnológico de la próxima década. De forma más precisa, el objetivo

número 12 de los objetivos de desarrollo sostenible expone la importancia de la transición hacia modelos de producción y consumo sostenibles, destacando el modelo de economía circular como el principal motor del cambio.



Figura 2. Modelo general de economía circular.

Con esta transición, algunos de los residuos sólidos más relevantes en la actualidad como pueden ser los productos plásticos, electrónicos y de construcción que han terminado su ciclo de vida, entre otros, están llamados a convertirse en recursos para la fabricación de nuevos elementos útiles en la sociedad. Particularmente, la reutilización de los neumáticos fuera de uso (NFU) puede dar lugar a la formación de nuevos productos como suelas de zapatos, pavimentos de zonas deportivas o infantiles o en diferentes materiales para la construcción, entre otros. Además, están formados por componentes muy valiosos como el negro de carbón o negro de carbono (CB por sus siglas en inglés, *Carbon Black*), cuya recuperación tras su uso, se plantea como uno de los mayores desafíos. Para el caso concreto de la economía circular del CB, es importante resaltar que la manufactura de neumáticos concentra el mayor mercado, por lo que resulta razonable pensar en estrategias de recuperación una vez terminada la vida útil del neumático. En este sentido, la pirólisis de los NFU se consolida como una de las técnicas más prometedoras desde la perspectiva de economía circular, ya que permite la recuperación del CB embebido en los NFU, así como otros productos de alto valor añadido en forma de líquidos y gases. No obstante, el sólido carbonoso obtenido (rCB por sus siglas en inglés: *recovered Carbon Black*) presenta una serie de desafíos debido a la heterogeneidad en su composición, la presencia de inorgánicos como SiO_2 , ZnO y CaO , entre otros, y de carbono residual, que limita su uso en ciertas aplicaciones, al menos como sustituto del CB virgen.

2. La importancia del negro de carbono

El CB está compuesto fundamentalmente por carbono (90 – 95 % en peso) [2]. El CB es una forma de carbono amorfo con una relación superficie-volumen extremadamente alta, con partículas que van desde

los 10 nm a los 500 nm, formando generalmente agregados ramificados de tipo cadena, que definen la estructura y el grado del material. A groso modo, la producción anual de este material se encuentra entre 12 y 15 millones de toneladas [3].

Las propiedades físicas y mecánicas del CB convierten este material derivado del petróleo en un insumo fundamental para una extensa variedad de productos fabricados por moldeo y extrusión, como carcasas, mangueras, cintas transportadoras, cables, sellos, juntas, esteras y neumáticos, entre otros. Adicionalmente, el CB es ampliamente utilizado como pigmento en tintas de impresión y pinturas de revestimiento. Básicamente, todo producto de color negro tiene una cantidad importante de CB. Otras alternativas consideran su uso como agente de mejora de la conductividad eléctrica en baterías, absorbente de radiación o como nanomaterial funcionalizado para la eliminación de metales pesados [2]. No obstante, de todas estas aplicaciones, la más importante está en la manufactura de neumáticos. Se estima que cerca del 90% del CB producido a nivel mundial se utiliza en aplicaciones relacionadas con los neumáticos, cumpliendo funciones críticas en sus cualidades como el refuerzo de las gomas que los componen, mejora en la conducción térmica evitando sobrecalentamientos puntuales, y protección contra la oxidación y la radiación ultravioleta. Por ello resulta razonable enfocar la atención a la recuperación del CB a partir de NFU.

Brevemente, cabe mencionar que existen aproximadamente 30 grados de CB comercial que se usan normalmente en los procesos relacionados con la manufactura del neumático, los cuales están clasificados (según la norma ASTM [4]) en varias clases como son N100, N200, N300, N500, N600, N700 y N900 [5]. Como particularidad, el CB más utilizado en la manufactura de los neumáticos se sitúa entre las series de CB N100 hasta CB N700. Las series N100, N200 y N300 se utilizan generalmente en las bandas de rodadura para mejorar la resistencia a la abrasión, las series N300 y N500 se utilizan en las carcasas de los neumáticos, y las series N600 y N700 también se utilizan en carcasas de neumáticos, pero con especificaciones menos exigentes.

3. Producción de negro de carbono

La mayor parte del CB producido en el mundo proviene de hidrocarburos pesados de refinería como los procedentes del craqueo catalítico del fuel-oil, mediante el denominado *Furnace Black Process* [6]. Una planta típica de este proceso contiene un reactor tubular refractario de acero diseñado de tal manera que la sección de mayor temperatura esté lo más separada posible de la zona de producción de CB (Figura 3) [7]. Para ello, se usa gas natural que se quema con aire precalentado hasta obtener temperaturas entre 1300 °C – 1500 °C. El diseño de este reactor se hace de tal manera que exista un alto flujo turbulento en la zona de combustión de tal forma que el hidrocarburo precursor del CB sea pulverizado

en la zona central del reactor con el fin de favorecer el craqueo térmico. Al final del reactor, la corriente de gases y sólidos suspendidos se enfría hasta los 540 °C mediante contacto directo por agua. Finalmente, el efluente del reactor entra en la zona de separación para recuperar el producto final y separar los gases generados en el proceso, los cuales son tratados antes de ser emitidos a la atmósfera.

Las características del CB producido, como pueden ser el tamaño de partícula, el área superficial o la

porosidad, dependen principalmente de varios factores como el caudal de alimentación de la materia prima al reactor, la velocidad espacial en la zona de reacción, la temperatura, la cantidad de agua utilizada en el enfriamiento, o la adición de cantidades pequeñas de sales alcalinas, entre otros. Para un mayor conocimiento sobre los tipos de grados de CB, las estructuras, propiedades o procesos de fabricación pueden consultarse diferentes trabajos y capítulos en la literatura [8,9].

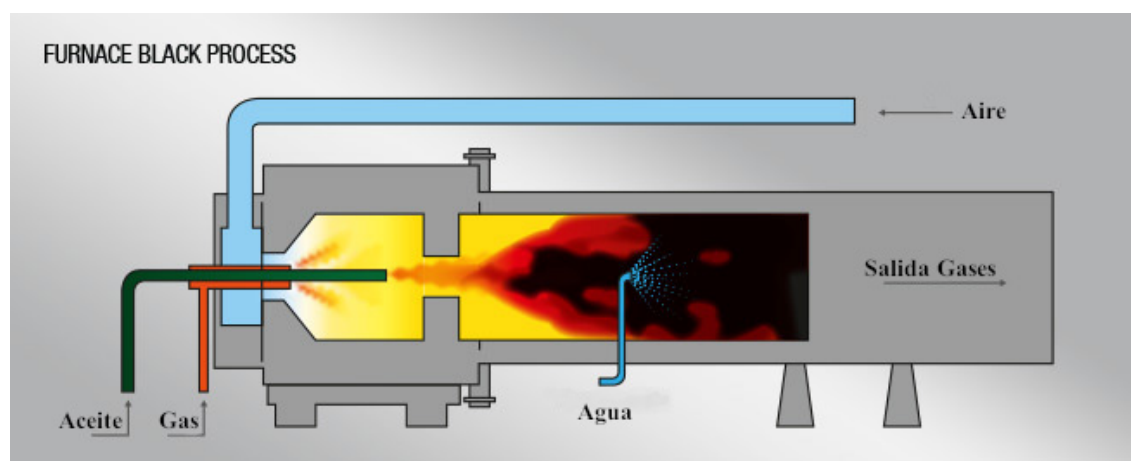


Figura 3. Diagrama de un reactor típico utilizado en la producción de CB [7].

Por lo tanto, con el objetivo de garantizar una producción de CB que sea más sostenible, urge identificar materias primas alternativas derivadas de recursos renovables o del reciclaje de materiales de desecho. La materia prima ideal para la fabricación de CB debe presentar un alto contenido en aromáticos y un bajo contenido en azufre, así como asfaltenos y resinas de alto peso molecular, además de estar libre de agua, cenizas y carbono suspendido [6]. En este sentido, existe en la bibliografía reciente diferentes trabajos donde se revisa el potencial para la fabricación de CB utilizando fuentes renovables como los llevados a cabo por Okoye et al. [2], Fan et al. [10] y Khodabakhsi et al. [11]. En estos trabajos se han identificado algunos aceites vegetales y biomasa lignocelulósica como posibles alternativas para la producción de CB, donde se resaltan diferentes factores como el bajo coste, bajo contenido de azufre y ceniza, entre otros. Sin embargo, el desafío que tienen que afrontar estos posibles precursores está relacionado con el alto contenido en oxígeno. Por otro lado, debido a su naturaleza y composición y, al hecho de que la mayor producción de CB a nivel mundial termina en los neumáticos, resulta de gran interés en términos de economía circular la recuperación del CB una vez los neumáticos hayan terminado su ciclo de vida útil.

4. Neumáticos fuera de uso

Se estima que durante el año 2022, la producción mundial de neumáticos puede alcanzar los 2.4 billones de unidades [12]. Como consecuencia, la generación de NFU está en torno a 17 millones de toneladas [13]. Los neumáticos se componen

principalmente de caucho natural y sintético (60-65% en peso), CB (25-35% en peso) y una fracción menor de aditivos de carácter inorgánico, los cuales se añaden durante el proceso de fabricación [14]. Debido a su diseño orientado a resistir condiciones severas de rodadura, su reciclado o postratamiento supone un serio desafío. Por ejemplo, la degradación por microorganismos tardaría al menos 100 años para lograr una completa descomposición [15]. En términos generales, la valorización de NFU ha sido y continúa siendo un importante reto medioambiental, tecnológico y económico, que implica diferentes acciones por parte de la sociedad y la comunidad científica. Actualmente, la valorización de residuos se concentra en la recuperación de la mayor cantidad de los compuestos embebidos en su estructura; o al menos, en la producción de productos químicos intermedios que sirvan como precursores de nuevas materias primas, lo que resulta crucial para la aplicación de modelos basados en la economía circular [16,17]. En este sentido, la pirólisis es un proceso de reciclaje químico, de carácter ligeramente endotérmico, que es capaz de separar gran parte de los compuestos del neumático, dando lugar a compuestos más pequeños, sencillos y versátiles para su incorporación a nuevos procesos. De forma general, la pirólisis de NFU da origen a tres fracciones principales: una corriente gaseosa rica en hidrocarburos ligeros incluyendo el hidrógeno, la cual se puede utilizar para suplir el requerimiento energético del propio proceso de pirólisis; una corriente líquida de hidrocarburos con propiedades similares a un gasoil intermedio con una presencia importante de compuestos aromáticos de un solo anillo y, en función de las características del proceso,

de limoneno, todos ellos de gran interés para aplicaciones industriales. Finalmente, la pirólisis de NFU produce una fracción sólida denominada negro de carbono recuperado (rCB) [18], compuesto principalmente por los diferentes tipos de CB presentes en los neumáticos [19]. De este modo, el rCB representa un importante potencial para ser incorporado nuevamente en el proceso de fabricación de neumáticos, o en otras aplicaciones menores como sustituto de CB comercial [20]. Cabe destacar que, tanto los rendimientos como las propiedades de los productos obtenidos, dependen de las variables del proceso y de la configuración del reactor [21] por lo que la manera de cómo se lleve a cabo la pirólisis juega un papel fundamental en la incorporación del rCB en aplicaciones robustas, reales y de alto impacto.

5. Pirólisis de NFU: hacia la economía circular del negro de carbono

Existen en la actualidad varios proyectos internacionales para el desarrollo de la economía circular de los NFU. Un ejemplo de ello es el proyecto europeo BLACKCYCLE [22], cofinanciado por la Unión Europea a través del programa Horizon 2020. En este proyecto se busca crear, desarrollar y optimizar un proceso integral para la obtención de materias primas secundarias a partir de los NFU y que sirvan para la producción de nuevos neumáticos, como se muestra de manera esquematizada en la Figura 4. Este proyecto busca incluir, al menos, la mitad de la producción europea de neumáticos dentro de este modelo de economía circular. La base tecnológica de este proceso consiste en la pirólisis de NFU para la producción de hidrocarburos líquidos

y de rCB. Los primeros estarían destinados a la producción de plastificantes y negro de carbono con una calidad similar al de algunos negros de carbono tradicionales [2,23]. Por su parte, el rCB está llamado a presentar características adaptables al negro de carbono virgen [24,25]. A partir de esta base, existen múltiples tecnologías para el proceso de pirólisis que se están desarrollando en diferentes etapas y escalas, así como la optimización de las principales variables del proceso (temperatura y tiempo de residencia de los volátiles) para lograr obtener unos productos de alta calidad [26]. Asimismo, el proyecto VALUE-RUBBER [27], se enfoca en la desvulcanización del caucho de los NFU mediante tratamientos mecánicos de cizalladura y microondas. LIFE GREEN VULCAN [28] es otro proyecto que busca la desvulcanización del caucho de los NFU para la producción de gomas (naturales y sintéticas) con propiedades similares a sus equivalentes vírgenes. Por otro lado, el proyecto CBreCYCLE [29] se enfoca en la mejora de las propiedades del rCB a partir de estrategias que reducen la presencia de carbonilla en el mismo. Así, varios estudios preliminares han reportado la obtención de un producto con calidad suficiente para sustituir parcialmente algunos CB tradicionales para la fabricación de nuevos neumáticos. En términos generales todos estos proyectos pretenden reducir las materias primas de origen fósil necesarias en la producción de neumáticos, lo que supone una reducción importante de emisiones de CO₂.

6. Desafíos

Aunque las principales compañías de producción de CB tienen modelos de crecimiento responsables tanto con el capital como con los recursos naturales,

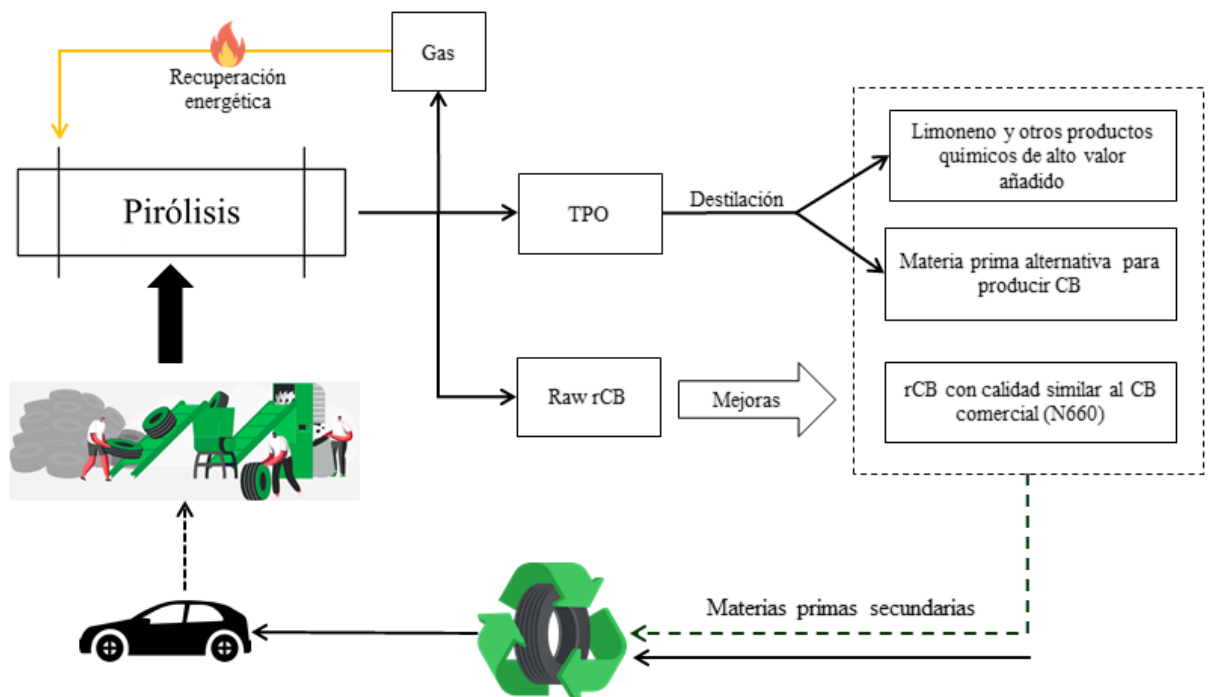


Figura 4. Esquema simplificado del proyecto Blackcycle.

la recuperación de CB por medio del proceso de pirólisis y su incorporación de nuevo en el mercado supondría un gran avance para potenciar en mayor medida la economía circular del mismo. Si bien cabe mencionar que existen ciertos productos que contienen CB y que pueden ser utilizados para su valorización material o energética, como puede ser el uso de neumáticos triturados en los asfaltos de las carreteras, estas estrategias no son suficientes para alcanzar una economía circular del CB sostenible, y no deja de ser un ejemplo de economía lineal con algún paso extra.

Sin embargo, aunque algunas compañías están dando un paso adelante en la incorporación del rCB en nuevas aplicaciones, aún quedan muchos desafíos que superar en los próximos años hasta llegar a consolidar el rCB dentro del mercado del CB. Uno de los principales se debe a que la composición de los NFU varía dependiendo de múltiples factores, como por ejemplo el tipo de neumático (neumático de coche, camión, vehículo agrícola, avión...), la parte del neumático que se procese (carcasa, banda de rodadura o mezclas de ambos) e incluso de las pequeñas diferencias en la composición que utilizan los distintos fabricantes [2]. Esto conlleva a que el rCB tenga algunas diferencias respecto a las características principales del CB virgen, como por ejemplo: tamaño de partícula, superficie específica, estructura, presencia de depósitos carbonáceos, etc. Además, y de forma general, el rendimiento del rCB varía significativamente con la composición.

A pesar de ser un material con un origen tan heterogéneo, la ASTM (American Society for Testing and Materials) está realizando importantes esfuerzos para poder estandarizarlo. En este sentido, la norma ASTM D8178 [18], publicada por primera vez en 2018 y actualizada en enero de 2022, define las bases para la nomenclatura de este material, diferenciando entre "raw rCB" como el producto bruto obtenido tras el tratamiento térmico de un material que contenga CB, y el rCB propiamente dicho el cual ha sido sometido a un proceso de molienda con el objetivo de aumentar sus propiedades como reforzante. La ASTM continúa desarrollando nuevos métodos para parametrizar las cualidades del rCB como la propuesta de norma WK81244 para la estandarización del rCB mediante termogravimetría (TGA) [30]. Así, uno de los grandes desafíos consiste en proporcionar una guía estándar para la determinación de los distintos parámetros y propiedades del rCB que sirvan para determinar su calidad. En este sentido, la norma ASTM D8466, publicada en 2022 [31], recoge varios métodos estándar usados en la caracterización del CB comercial, como por ejemplo el contenido de cenizas, pH, densidad, contenido de azufre, entre otros. Sin embargo, este comité concluyó que los métodos de caracterización de la estructura y superficie comúnmente utilizados para caracterizar el CB comercial, no muestran todavía una buena correlación al aplicarlos al rCB. Dichas propiedades, entre las que destacan el área superficial BET, resultan de gran importancia para cuantificar la

capacidad como reforzante del rCB y, por tanto, es necesario continuar las investigaciones que aborden esta falta de estandarización en determinadas propiedades clave.

Por otro lado, cabe mencionar que una de las principales diferencias en la composición entre los CB vírgenes y el rCB es la presencia de cenizas, que se sitúa entre el 10 y el 20 % en peso para el rCB, mientras que para el CB comercial no supera el 1% en peso [24]. Aunque se han estudiado y llevado a cabo estrategias de desmineralización para mejorar este parámetro [32], la viabilidad económica de este proceso aún no ha sido estudiada en profundidad. Otras diferencias fundamentales son: la alta heterogeneidad de su estructura debido a la variabilidad de los agregados, la presencia de depósitos carbonosos en el rCB que se relacionan con los aglomerados y que suelen ser difíciles de romper, y el mayor contenido en azufre, los cuales penalizan las propiedades como reforzante para su uso en neumáticos. Además, si bien aún no existen normas relativas a la química superficial para el rCB, la cual está principalmente vinculada con los grupos funcionales que contienen oxígeno (carboxilos, quinonas, lactonas...), ésta puede jugar un papel importante en su posterior aplicación [20,33]. Por otro lado, la actividad superficial parece estar muy relacionada con la presencia de los depósitos carbonáceos, los cuales reducen la superficie específica del material bloqueando su porosidad, a la vez que disminuyen su capacidad como reforzante [19,34]. Estas diferencias hacen que el rCB pueda presentar serias dificultades para llegar a una adecuada dispersión en la matriz polimérica. En la Figura 5 [35] se muestra una representación de la estructura típica del rCB donde se muestra la distribución de las cenizas y de depósitos carbonáceos alrededor de las partículas de CB.

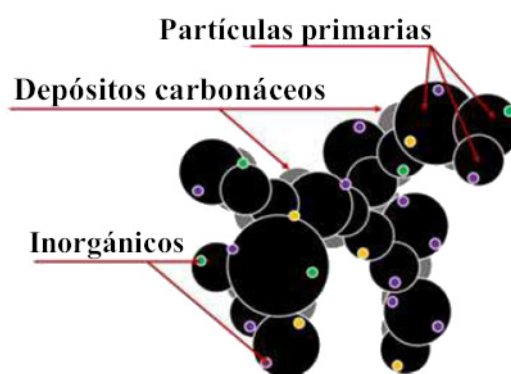


Figura 5. Esquema representativo de una estructura agregada de rCB [35].

Para mejorar el rendimiento del rCB como reforzante de polímeros se han estudiado diversos métodos. Uno de ellos es el ya mencionado proceso de desmineralización con ácidos. Aunque este proceso presenta desafíos, destacando la cantidad de ácido y la generación de gases, su implementación parece efectiva de cara a la funcionalización del rCB dada la adición de grupos funcionales que parecen

beneficiosos para mejorar su comportamiento como reforzante [19,36]. Existen otros tratamientos físicos que también mejoran el comportamiento del rCB como reforzante como son la molienda del material para reducir la presencia y el tamaño de aglomerados, y los tratamientos térmicos para eliminar parte de los depósitos carbonáceos del material.

En cualquier caso, en la Tabla 2 se muestra un resumen con la composición principal y algunas propiedades texturales tanto del rCB como de diferentes tipos de CB comerciales. Para el caso del tamaño de partícula del rCB, el promedio es muy

variable y la distribución del tamaño de partícula es muy amplia debido fundamentalmente a la presencia de una amplia variedad de agregados, tal y como se mencionó anteriormente. Adicionalmente, el rCB suele tener una mayor presencia de aglomerados por causa de los depósitos carbonosos generados en la pirólisis, y que reflejan la necesidad de realizar una molienda intensa para mejorar sus propiedades como reforzante de cara a su uso como alternativa al CB comercial, y que supone un punto clave para la estandarización del material [35].

Tabla 2. Algunas propiedades de diferentes tipos de CB comerciales y rCB.

| | CB N220 | CB N330 | CB N550 | CBN660 | rCB |
|--|---------|---------|---------|--------|---------|
| <i>Tamaño de partícula (nm)</i> | 24-33 | 28-36 | 39-55 | 49-73 | 40-100 |
| <i>S_{BET} (m²/g)</i> | 119 | 83 | 42 | 35 | 40-85 |
| <i>Análisis inmediato (% en peso)</i> | | | | | |
| <i>Humedad</i> | 0.85 | 0.59 | 0.55 | 0.32 | ~1 |
| <i>Cenizas</i> | 0.73 | 0.42 | 0.45 | 0.22 | 10-20 |
| <i>Volátiles</i> | 1.35 | 1.08 | 1.14 | 0.74 | > 1.5 |
| <i>Carbono fijo</i> | 96.89 | 97.88 | 97.92 | 98.74 | 75-90 |
| <i>Análisis elemental (% en peso)</i> | | | | | |
| <i>C</i> | 95.2 | 97.6 | 98.7 | 98.1 | 80-90 |
| <i>N</i> | 0.3 | 0.28 | 0.3 | 0.3 | 0.1-0.7 |
| <i>H</i> | 0.3 | 0.26 | 0.3 | 0.3 | 0.5-2.0 |
| <i>S</i> | 1.1 | 0.74 | 0.6 | 1.1 | 1.5-2.5 |

A pesar de los retos que supone poner en marcha estos procesos, los esfuerzos académicos e industriales están consiguiendo avances muy rápidos en estos últimos años. Con esta perspectiva, se puede esperar la inclusión de algún tipo de rCB ya sea parcial o totalmente en la manufactura de productos tradicionalmente fabricados con CB. De esta manera, la economía circular del CB comenzará a ser una realidad. En cualquier caso, estudios recientes [24,25] han mostrado que el rCB puede utilizarse como sustitución parcial de algunos CB comerciales, como el N660 en proporciones de hasta el 20% en masa. Estos trabajos han mostrado que algunas de las propiedades mecánicas del producto final se mantienen inalterables, como la tensión de rotura, usando un polímero frecuente en la fabricación de neumáticos como el SBR (Styrene-Butadiene Rubber, por sus siglas en inglés). Así, no sólo es posible reducir el coste de los componentes del neumático, sino que su aplicación a escala industrial ofrece una solución sostenible a la generación de NFU.

Por otro lado, no se debe olvidar otros usos potenciales del rCB. Por un lado, este material se puede utilizar como precursor de carbón activado, particularmente para la eliminación de contaminantes

tanto en fase gas como acuosa debido a su estructura porosa [37]. También, presenta potencial para su aplicación en el campo de la agricultura, reduciendo la densidad del suelo, enriqueciendo de nutrientes el mismo y finalmente mejorando el rendimiento de los cultivos [37]. Adicionalmente, cabe destacar que se están explorando nuevas rutas alternativas para maximizar el aprovechamiento del material. Un ejemplo interesante es el uso del rCB en ánodos de batería Ion-Litio. El ánodo producido a partir de rCB ha demostrado tener un rendimiento superior al obtenido usando el CB convencional. Esta mejora en el rendimiento se asocia con la presencia de algunos de los compuestos que forman parte de las cenizas, principalmente el ZnS [38]. Este ejemplo prueba que, en algunos casos, la presencia de cenizas puede tener efectos sinérgicos positivos en algunos procesos, pudiendo llegar a convertir el rCB procedente de NFU en un material más deseable que el propio CB comercial.

En resumen, aunque un proceso rentable de recuperación del CB presente en los NFU parecía algo muy difícil de conseguir, gracias a los esfuerzos académicos e industriales que se vienen realizando en las últimas décadas, nos encontramos un paso más cerca de consolidar el desarrollo de una

economía circular del CB a través de la pirólisis de NFU, reduciendo sustancialmente el impacto ambiental de la industria del neumático, en forma de residuos, consumo energético y emisiones atmosféricas.

Referencias

- [1] J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert, Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, *Resources, Conservation and Recycling*. 127 (2017) 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- [2] C.O. Okoye, I. Jones, M. Zhu, Z. Zhang, D. Zhang, Manufacturing of carbon black from spent tyre pyrolysis oil – A literature review, *Journal of Cleaner Production*. 279 (2021) 123336. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123336>.
- [3] K. Pulidindi, S. Mukherjee, Carbon Black Market Size and Share | Statistics - 2027, Global Market Insights, Inc. (2020). <https://www.gminsights.com/industry-analysis/carbon-black-market> (accessed November 22, 2021).
- [4] D24 Committee, Standard Classification System for Carbon Blacks Used in Rubber Products, ASTM International, 2021. <https://doi.org/10.1520/D1765-21>.
- [5] L. Liang, Recovery and evaluation of the solid products produced by thermocatalytic decomposition of tire rubber compounds, Book, Texas A&M University, 2007. <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/4938> (accessed May 17, 2022).
- [6] R.W. Serth, T.W. Hughes, Source assessment: Carbon black manufacture, United States. Industrial Environmental Research Laboratory (Research Triangle Park, N.C.), 1977. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=91016QLH.txt>.
- [7] Our Wiki: Everything about Carbon Black, PentaCarbon GmbH. (n.d.). <https://pentacarbon.de/en/wiki/> (accessed June 20, 2022).
- [8] M. Ozawa, E. Ōsawa, Chapter 6 - Carbon blacks as the source materials for carbon nanotechnology, in: L. Dai (Ed.), *Carbon Nanotechnology*, Elsevier, Amsterdam, 2006: pp. 127–151. <https://doi.org/10.1016/B978-044451855-2/50009-7>.
- [9] A.A. Deshmukh, S.D. Mhlanga, N.J. Coville, Carbon spheres, *Materials Science and Engineering: R: Reports*. 70 (2010) 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2010.06.017>.
- [10] Y. Fan, G.D. Fowler, M. Zhao, The past, present and future of carbon black as a rubber reinforcing filler – A review, *Journal of Cleaner Production*. 247 (2020) 119115. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119115>.
- [11] S. Khodabakhshi, P.F. Fulvio, E. Andreoli, Carbon black reborn: Structure and chemistry for renewable energy harnessing, *Carbon*. 162 (2020) 604–649. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2020.02.058>.
- [12] Tire Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022-2027, (n.d.). <https://www.researchandmarkets.com/reports/5577982/tire-market-global-industry-trends-share-size> (accessed May 17, 2022).
- [13] D.E. Ross, Use of Waste Tyres in a Circular Economy, *Waste Manag Res*. 38 (2020) 1–3. <https://doi.org/10.1177/0734242X19895697>.
- [14] J.D. Martínez, N. Puy, R. Murillo, T. García, M.V. Navarro, A.M. Mastral, Waste tyre pyrolysis – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 23 (2013) 179–213. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.038>.
- [15] V. Torretta, E.C. Rada, M. Ragazzi, E. Trulli, I.A. Istrate, L.I. Cioca, Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review, *Waste Management*. 45 (2015) 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.018>.
- [16] I. Hita, M. Arabiourrutia, M. Olazar, J. Bilbao, J.M. Arandes, P. Castaño, Opportunities and barriers for producing high quality fuels from the pyrolysis of scrap tires, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 56 (2016) 745–759. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.081>.
- [17] F. Xu, B. Wang, D. Yang, X. Ming, Y. Jiang, J. Hao, Y. Qiao, Y. Tian, TG-FTIR and Py-GC/MS study on pyrolysis mechanism and products distribution of waste bicycle tire, *Energy Conversion and Management*. 175 (2018) 288–297. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.09.013>.
- [18] D36 Committee, Standard Terminology Relating to Recovered Carbon Black (rCB), ASTM International, 2021. <https://doi.org/10.1520/D8178-18>.
- [19] J.D. Martínez, N. Cardona-Urbe, R. Murillo, T. García, J.M. López, Carbon black recovery from waste tire pyrolysis by demineralization: Production and application in rubber compounding, *Waste Management*. 85 (2019) 574–584. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.016>.
- [20] W. Urrego-Yepes, N. Cardona-Urbe, C.A. Vargas-Isaza, J.D. Martínez, Incorporating the recovered carbon black produced in an industrial-scale waste tire pyrolysis plant into a natural rubber formulation, *Journal of Environmental Management*. 287 (2021) 112292. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112292>.
- [21] W.M. Lewandowski, K. Januszewicz, W. Kosakowski, Efficiency and proportions of waste tyre pyrolysis products depending on the reactor type—A review, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 140 (2019) 25–53. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.03.018>.
- [22] Black Cycle | Move to the green revolution, (n.d.). <https://blackcycle-project.eu/> (accessed May 17, 2022).
- [23] Carbon Black from Tire-Derived Pyrolysis Oil – Orion | Black Cycle, (n.d.). <https://blackcycle-project.eu/scientific-publication-carbon-black-from-tire-derived-pyrolysis-oil-orion/> (accessed March 4, 2022).
- [24] F. Karabork, S.T. Tipirdamaz, Influence of pyrolytic carbon black and pyrolytic oil made from used tires on the curing and (dynamic) mechanical properties of natural rubber (NR)/styrene-butadiene rubber (SBR) blends, *Express Polym. Lett*. 10 (2016) 72–82. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2016.8>.
- [25] S.-M. Lai, Y.-L. Chu, Y.T. Chiu, M.-C. Chang, T.-Y. Hsieh, M.-H. Hsieh, Effect of pyrolysis carbon black from waste tires on the properties of styrene-butadiene rubber compounds, *Polymers and Polymer Composites*. 29 (2021) 75–86. <https://doi.org/10.1177/0967391120902882>.
- [26] N. Gao, F. Wang, C. Quan, L. Santamaria, G. Lopez, P.T. Williams, Tire pyrolysis char: Processes, properties, upgrading and applications, *Progress in Energy and Combustion Science*. 93 (2022) 101022. <https://doi.org/10.1016/j.pecc.2022.101022>.
- [27] VALUE RUBBER | PROJECT, (n.d.). <https://valuerubber.eu/project/> (accessed July 28, 2022).

^[28] Life Green Vulcan Project, Life Green Vulcan. (n.d.). <https://www.lifegreenvulcan.eu/project/> (accessed July 28, 2022).

^[29] Recycling shredded used tyres and rubber waste into personalized recovered Carbon Black to limit use of fossil fuels and carbon dioxide emission | CBreCYCLE Project | Fact Sheet | H2020 | CORDIS | European Commission, (n.d.).

<https://cordis.europa.eu/project/id/101009283> (accessed July 28, 2022).

^[30] Quality Parameters for Recovered Carbon Black, ASTM Standardization News. (2022). <https://sn.astm.org/?q=update/quality-parameters-recovered-carbon-black-mj22.html> (accessed June 28, 2022).

^[31] D36 Committee, Standard Guide for Recovered Carbon Black—Carbon Black Test Methods for Testing rCB, 2022. <https://doi.org/10.1520/D8466-22>.

^[32] X. Zhang, H. Li, Q. Cao, L. Jin, F. Wang, Upgrading pyrolytic residue from waste tires to commercial carbon black, *Waste Manag Res.* 36 (2018) 436–444. <https://doi.org/10.1177/0734242X18764292>.

^[33] C. Dwivedi, S. Manjare, S.K. Rajan, Recycling of waste tire by pyrolysis to recover carbon black: Alternative & environment-friendly reinforcing filler for natural rubber compounds, *Composites Part B: Engineering.* 200 (2020) 108346. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108346>.

^[34] C.J. Norris, M. Hale, M. Bennett, Pyrolytic carbon: factors controlling in-rubber performance, *Plastics, Rubber and Composites.* 43 (2014) 245–256. <https://doi.org/10.1179/1743289814Y.0000000088>.

^[35] J.D. Martínez, C.G. Jung, P. Bouysset, Chapter 9. Pyrolysis, in: *Tire Waste and Recycling*, Elsevier, 2021: pp. 165–224. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820685-0.00028-4>.

^[36] I. Iraola-Arregui, P. Van Der Gryp, J.F. Görgens, A review on the demineralisation of pre- and post-pyrolysis biomass and tyre wastes, *Waste Management.* 79 (2018) 667–688. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.034>.

^[37] J. Xu, J. Yu, J. Xu, C. Sun, W. He, J. Huang, G. Li, High-value utilization of waste tires: A review with focus on modified carbon black from pyrolysis, *Science of The Total Environment.* 742 (2020) 140235. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140235>.

^[38] X. Wang, L. Zhou, J. Li, N. Han, X. Li, G. Liu, D. Jia, Z. Ma, G. Song, X. Zhu, Z. Peng, L. Zhang, The Positive Effect of ZnS in Waste Tire Carbon as Anode for Lithium-ion Batteries, *Materials.* 14 (2021) 2178. <https://doi.org/10.3390/ma14092178>.

Aprovechamiento más eficiente de biomasa lignocelulósica para la obtención de materiales carbonosos de altas prestaciones y productos químicos (BIOMAP)

Referencia: RTI2018-095291-B-I00

Proyecto Nacional perteneciente a la Convocatoria Proyectos de I+D+i «Retos investigación», del programa estatal de I+D+i orientada a los retos de la sociedad, en el marco del plan estatal de investigación científica y técnica y de innovación 2017-2020.

Desarrollado en el Instituto Universitario de Materiales de la Universidad de Alicante (IUMA).



Investigadores Principales

Equipo de Investigación



IP-1 Diego Cazorla Amorós



IP-2 Carmen Román Martínez



M. Ángeles Lillo Rodenas



Ángel Berenguer Murcia

Equipo de Trabajo



Ana Amorós Pérez



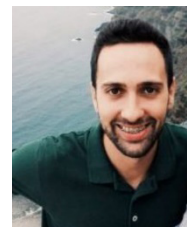
Javier Fernández
Catalá



Jessica Alejandra
Chaparro Garnica



Javier Quílez
Bermejo



Sergio Belda
Marco



M. José Mostazo
López



Zaira Ruiz Bernal



Borja Ferrández
Gómez



Meryem
Bouchabou



Gabriel Alemany
Molina

Duración del proyecto: Enero 2019 - Junio 2022

Contexto

El cambio climático y la contaminación ambiental se encuentran entre los principales problemas actuales de la humanidad. Son problemas muy graves que afectan a la salud, pero que también provocan grandes conflictos relacionados con el deterioro de la agricultura (y la escasez de alimentos) y el empeoramiento de la calidad de vida de una parte sustancial de la población mundial. Cabe destacar que estos problemas son, en gran medida, consecuencia de una creciente demanda tanto de energía como de productos químicos (fertilizantes, polímeros, detergentes, aditivos, colorantes, etc.), que se satisface principalmente con el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural). Si nuestra sociedad toma conciencia de la gravedad de la situación, puede contribuir a mitigar el problema mencionado con acciones como el ahorro de energía, el consumo eficiente (sin desperdicios) y la reducción de la producción de residuos. Sin embargo, dado que estas medidas son actualmente insuficientes y, además, el crecimiento de la población mundial dificultará la aplicación de las mismas, es necesario que se apoye la implementación de tecnologías que mejoren la eficiencia en el consumo de energía, los procesos de descontaminación y la obtención de combustibles y productos químicos a partir de recursos renovables. El desarrollo de este tipo de procesos sigue las directrices de la Química Sostenible [1].

En este contexto, la biomasa juega un papel clave y ocupa una posición estratégica en la producción sostenible tanto de energía como de una amplia gama de productos químicos basados en el carbono, lo cual tiene una gran relevancia desde el punto de vista energético, económico y medioambiental. La biomasa puede considerarse como una fuente de carbono natural, renovable y ampliamente disponible, siendo de hecho la única fuente de carbono sostenible y fiable para la sociedad industrial. En relación a esto se puede mencionar que el informe "The Roadmap for Biomass Technologies" [2], elaborado en 2002 por expertos en la materia ya presentaba la perspectiva de producir en 2030, el 20% de los combustibles y el 25% de los productos químicos utilizado en los EE.UU. a partir de biomasa. Hoy en día, los requisitos son que la biomasa no debe ser comestible y que no se dedique terreno agrícola al cultivo de biomasa para evitar una competencia con la producción de alimentos. Por tanto, la biomasa que se utilizará mayoritariamente será biomasa lignocelulósica subproducto de procesos agrícolas e industriales. [3].

El concepto de biorrefinería, que puede describirse como la instalación que integra procesos y equipos dedicados a la conversión de biomasa para la producción de combustible, energía y productos químicos [4,5], nació en la década de los 90 con el objetivo de obtener productos químicos a partir de la biomasa. El interés de los responsables políticos científicos por el uso y aprovechamiento de la biomasa es cada vez mayor, como indica el

hecho de que la IEA (Agencia Internacional de la Energía) planteó en 2013 una tarea específica (IEA Bioenergy Task 42 [6]) dedicada a la coproducción de combustibles, energía, calor, productos químicos y materiales a partir de biomasa.

El término biorrefinería engloba una gran variedad de procesos, que se diferencian en la biomasa utilizada como materia prima (grano, biomasa lignocelulósica, biomasa forestal, residuos sólidos urbanos) y las tecnologías empleadas para llevar a cabo su transformación (bioquímica, química, termoquímica, térmica, física). En este proyecto se ha abordado la obtención de productos mediante procesos de biorefinería empleando biomasa lignocelulósica procedente de residuos agrícolas.

Objetivos

Objetivo 1: Optimización del proceso de carbonización hidrotermal de residuos de biomasa en presencia de ácido fosfórico.

Objetivo 2: Uso de la fracción de material carbonoso derivado del proceso hidrotermal para la obtención de materiales de alto valor añadido.

Objetivo 3: Catálisis para la transformación de ácido levulínico.

Resumen de resultados

El proyecto ha sido concebido con claros objetivos hacia la valorización de materiales que se consideraban un residuo y hacia la ampliación de sus perspectivas de uso, permitiendo planificar y desarrollar sistemas para la generación y conversión de energía en el marco de lo que se conoce como Economía Circular. Así, partiendo de lo que a día de hoy es un residuo biomásico, el proyecto ha sido capaz de generar una fracción sólida que se ha empleado en la síntesis de materiales de carbón de altas prestaciones para distintas aplicaciones relacionadas con la generación de energía o compuestos de alto valor añadido y una fracción líquida de la que puede extraerse una molécula plataforma (el ácido levulínico) que se ha utilizado para la síntesis de otros compuestos de alto valor añadido. Además, el proceso que se ha diseñado y optimizado en el marco de este proyecto permite recuperar el ácido fosfórico (empleado en la carbonización hidrotermal) para su uso no sólo como generador del material de carbón, sino también como agente activante en la preparación de carbones activados de altas prestaciones en el almacenamiento de energía.

Además, los materiales de carbón que se han obtenido durante el desarrollo del proyecto pueden modificarse a posteriori mediante procedimientos sencillos útiles para el desarrollo de electrocatalizadores para la reducción de oxígeno, electrodos de supercondensadores de alta estabilidad y catalizadores para la generación de energía y la síntesis de compuestos de alto valor añadido, partiendo precisamente de la fracción líquida purificada que se ha obtenido en el proyecto.

Así, los resultados obtenidos son de alta relevancia tanto aplicada como social, ya que las metas alcanzadas han resultado en la mejora del aprovechamiento de materias primas anteriormente consideradas sin valor, la protección del medio ambiente mediante procesos que implican el aprovechamiento integral de dichas materias, el aumento del bienestar, y el uso de energías seguras, limpias y sostenibles. El impulso a la empleabilidad y la competitividad son también consecuencias directas de este proyecto.

Publicaciones derivadas del proyecto:

Número de artículos: 42 (>80% en Gold Open Access).

Número de capítulos de libros: 6

Contribuciones a congresos derivadas del proyecto

Contribuciones a congresos nacionales: 42

Contribuciones a congresos internacionales: 34

Capacidad formativa del proyecto

Número de tesis finalizadas: 6

Número de tesis en marcha: 4

Referencias

^[1] Sustainable Chemistry,

<http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/sustainablechemistry.htm>

^[2] Roadmap for Biomass Technologies in the United States.

https://biomassboard.gov/pdfs/final_biomass_roadmap_2002kw.pdf

^[3] C-H. Zhou, X. Xia, C-X. Lin, D-S. Tong, J. Beltramini, Catalytic conversion of lignocellulosic biomass to fine chemicals and fuels, *Chem Soc Rev.* (2011) 5588–5617.

^[4] F. Cherubini, The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals, *Energy Convers. Manag.* 51 (2010) 1412–1421.

^[5] B. Kamm, P.R. Gruber, M. Kamm, Biorefineries-Industrial Processes and Products, in: *Ullmann's Encicl. Ind. Chem.*, Wiley-VCH, Weinheim, 2015: pp. 1–38.

^[6] Biorefineries: adding value to the sustainable utilisation of biomass, IEA Bioenergy.

<http://www.ieabioenergy.com/wp-content/ploads/2013/10/task-42-Booklet.pdf>



9th International Symposium on Carbon for Catalysis, CarboCat-IX, Zaragoza, 28-30 Junio, 2022

Enrique García Bordejé

Instituto de Carboquímica (CSIC), co-presidente comité organizador

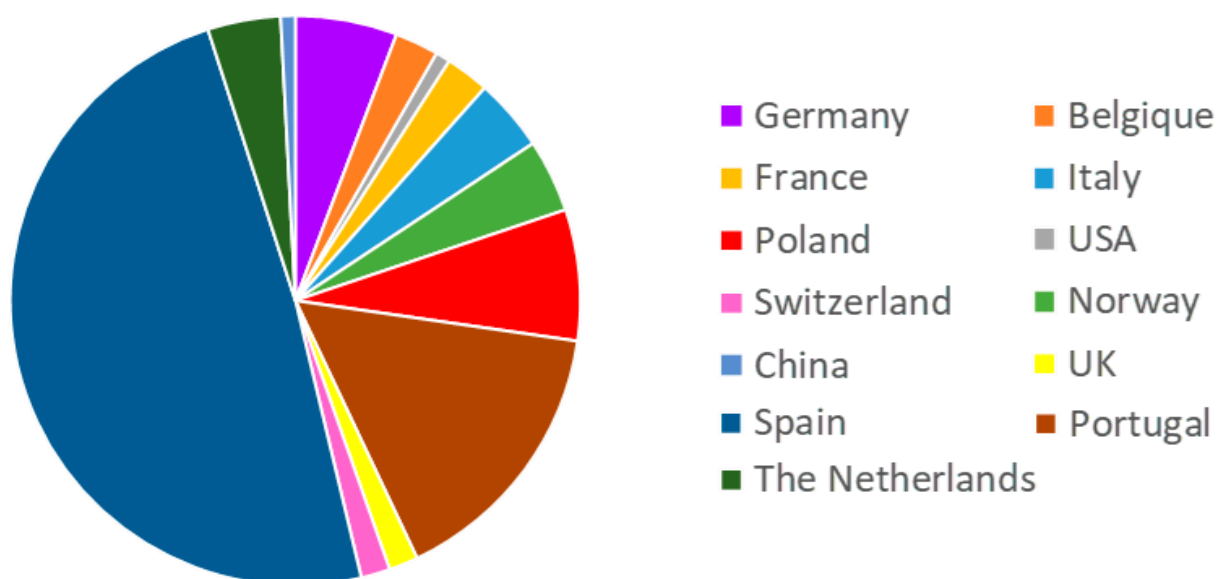
Antonio Guerrero Ruiz

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), co-presidente comité organizador

En junio de 2018 en Oporto durante el congreso CARBOCAT-VIII, el comité científico propuso que la siguiente conferencia de CARBOCAT debería ser en España puesto que de las 8 ediciones ninguna había sido en nuestro país. Después de debatir varias localizaciones, se decidió organizarlo en Zaragoza en junio de 2020 con una copresidencia tanto del Instituto de Carboquímica (CSIC) como de la UNED. En el año 2020, se empezó a organizar el congreso. Entonces, sobrevino la pandemia, cuando ya se habían recibido las comunicaciones y elaborado el programa científico. Al principio, había mucha incertidumbre sobre cuánto tiempo podía durar la pandemia y hasta cuando habría que posponer el congreso. El comité científico decidió unánimemente

posponerlo dos años hasta junio de 2022 con la idea de mantener el formato presencial. La organización se retomó en otoño de 2021, con algunas dudas iniciales por los últimos coletazos de la pandemia y posteriormente la guerra en Ucrania, finalmente el congreso se ha podido realizar con éxito del 28-30 de junio de 2022.

En el congreso se han presentado un total de 132 comunicaciones divididas en 4 plenarias, 4 keynotes, 35 comunicaciones orales, 18 presentaciones flash y 71 presentaciones en formato poster. El número de asistentes ha sido de 122 personas de 13 nacionalidades (Alemania, Francia, Polonia, Suiza, China, Belgica, Italia, Portugal, España, Estados Unidos, Noruega, Reino Unido y Holanda):



Distribución del número de asistentes por países
Distribution of the number of delegates per country



Coctel de bienvenida, tarde 27 de junio.

Welcome reception, evening 27th June

Comenzamos la tarde del 27 de junio con la recogida de documentación por la mayor parte de los asistentes, seguido con un coctel de bienvenida en la sala Amar y Borbón del Paraninfo de la Universidad de Zaragoza amenizado por un trio de cuerda.

A la mañana siguiente, 28 de junio, tuvo lugar la inauguración oficial presidida por el Dr. José Antonio Mayoral Murillo, Excmo. rector de la Universidad de Zaragoza, la Dr. Rosa María Martín Aranda, vicerrectora de Investigación, Transferencia del Conocimiento y Divulgación Científica de la UNED, y la Dr. María Jesús Lázaro, como delegada del CSIC en Aragón.

El programa científico se organizó alrededor de las siguientes áreas temáticas: Nuevos métodos de síntesis y caracterización de materiales de carbono, aplicaciones de materiales de carbono en electrocatálisis, catalizadores para química fina, en reacciones para producción de H_2 e hidrocarburos,

en reacciones catalíticas de moléculas derivadas de biomasa, en aplicaciones medioambientales y en fotocatalisis.

Las presentaciones orales y flash se realizaron en el Aula Magna del Paraninfo y contaron con una alta asistencia y participación en forma de preguntas y debate. Dicho debate se tuvo que posponer en muchas ocasiones debido a lo apretado de la agenda. Las discusiones científicas continuaron durante las sesiones de posters-café. A este respecto, es de destacar y agradecer la labor de todos los moderadores, que estaba formado por parte del comité científico y organizadores locales "senior", gran parte de los cuales son socios del GEC. Además de las presentaciones orales de gran nivel, las presentaciones flash de 5 minutos dieron la oportunidad de practicar y defender sus comunicaciones a los estudiantes más noveles, a los que por problema de agenda no se les pudo adjudicar presentaciones orales extendidas.



Acto de inauguración, mañana 28 de junio.

Inaugural ceremony, morning 28th June



Presentaciones orales en el aula magna y presentaciones poster en la sala Amar y Borbón del Paraninfo.

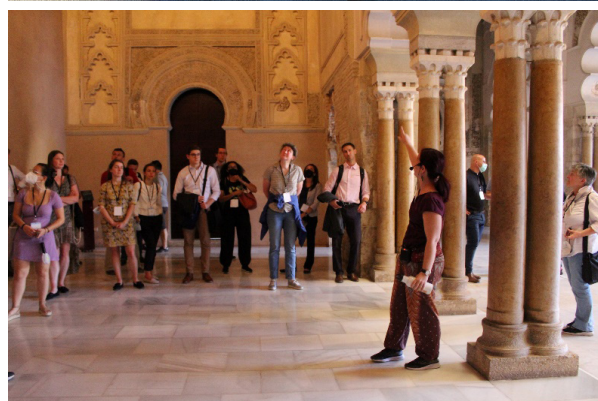
Oral and poster presentations

El martes 28 de junio tuvimos las plenarios de los profesores Liming Dai y Robert Schlögl y la Keynote de Rosa Arrigo. Liming Dai es profesor en la Universidad de New South Wales, Sydney, Australia, y director del Centro de materiales de carbono australiano. Profesor Dai nos habló de electrocatalizadores libres de metal basados en materiales de carbono para energía limpia y medioambiente. Presentó sus trabajos, desde los pioneros trabajos de nanotubos dopados con nitrógeno para la reducción de oxígeno en celdas de combustible, baterías metal-aire para almacenamiento de energía, ruptura de agua para producción de H_2 , y otros procesos electroquímicos para la producción de productos químicos de alto valor añadido. Antes de comer, Rosa Arrigo de la universidad de Salford, Manchester, impartió su keynote sobre la dinámica in-situ de carbonos dopados con nitrógeno durante reacción. Arrigo nos mostró que heteroátomos como O, N, B y P en los planos basales del grafeno sirven para estabilizar especies metálicas y a la vez dirigir su reactividad y selectividad. En concreto, presentó resultados de las dinámicas de especies metálicas en varios soportes de materiales de carbono, con el foco en especies de Fe durante la reducción electrocatalítica de CO_2 estudiado por la técnica de espectroscopia de rayos X.

Por la tarde, el profesor Robert Schlögl, Director del Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion, realizó un tributo a su colaborador Dangsheng Su, fallecido durante la pandemia. Schlögl mostró la variedad de métodos analíticos (espectroscópicos y químicos) desarrollados por el profesor Su para

descifrar las relaciones de la estructura de los carbonos con su función en oxidaciones selectivas catalizadas por materiales de carbono. Schlögl explicó el nivel de control de las funcionalidades en la síntesis de nanotubos de carbono y grafeno. Y por último, nos habló de los avances en la comprensión de las interacciones entre metal y carbono en "single-atom catalysts".

Después de las presentaciones flash y sesión de posters, se realizó el acto social. Los asistentes fueron recogidos por dos autobuses turísticos en frente de la sede del congreso. Dichos autobuses hicieron un recorrido por la zona de la Expo (Parque del agua) y acabaron en el palacio árabe de la Aljafería. Allí los congresistas realizaron una visita guiada al Palacio árabe más al norte de España.



Visita guiada al palacio de la Aljafería.

Guided tour to the Aljafería palace

El miércoles 29 de junio tuvimos la plenaria del Prof. Martin Muhler y las keynotes del Prof. De Chen y el Prof. Cuong Pham-Huu. Prof. Martin Muhler de la Ruhr University Bochum, Alemania, en su plenaria nos habló en primer lugar de la síntesis de materiales de carbono libres de metal mediante carbonización hidrotermal de celulosa y posterior pirolisis y la obtención de carbón grafitico por descomposición de metano asistida por plasma. También nos ilustró sobre la técnica de desorción a temperatura programada. Finalmente, nos mostró aplicaciones de catalizadores de metales nobles en distintos soportes carbonosos como la oxidación de etanol en fase líquida y hydrogenolisis de HMF a DMF usando ácido fórmico. Antes de la comida, Prof. De Chen de NTNU, Trondheim, Noruega nos habló de la síntesis de átomos metálicos (SACs) y clusters de metales coordinados con dopantes (N y P) en materiales

de carbono. Explicó un método en una etapa para obtener metales monoatómicos o fosfuros metálicos encapsulados a partir de biomasa. Finalmente, explicó la aplicación de estos materiales para la reducción de oxígeno (ORR), oxiclorigación de etileno y conversión de glucosa. Después de comer, Cuong Pham-Huu, director del ICPEES del CNRS y la Universidad de Estrasburgo nos presentó algunos ejemplos representativos de procesos químicos que combinan catalizadores carbonosos libres de metal con calentamiento por inducción magnética. Estos procesos comprenden: *i*) la descomposición de gas natural; *ii*) el acoplamiento no oxidativo de metano para producir olefinas y aromáticos; *iii*) la oxidación selectiva catalítica de trazas de H_2S a sulfuro elemental.

El último día, jueves 30 de junio, tuvimos la plenaria de la profesora Petra de Jongh y la keynote del profesor Adrian Silva. En la plenaria del inicio de la mañana, la profesora Petra de Jongh del "Debye Institute for Nanomaterials Science" en la universidad de Utrecht (Países Bajos) nos habló del control en la preparación de metales soportados, desde nanopartículas a átomos sencillos o iones, en carbón nanoestructurado. También nos comentó las ventajas del carbón sobre otros soportes para estudiar el efecto de promotores y la caracterización por técnicas avanzadas in-situ como microscopía de transmisión o espectroscopía de rayos X basada en sincrotrón, algunas veces en condiciones de operación de altas presiones y temperaturas. La presentación "keynote" de la tarde del jueves corrió a cargo del profesor Adrián Silva de la Universidad de Porto (Portugal) que nos habló de catalizadores avanzados para tratamientos de contaminantes emergentes en aguas. Prof. Silva resumió su experiencia en monitorizar microcontaminantes acuosos y la aplicación de catalizadores carbonosos incluidas membranas catalíticas. Nos habló del control de la química superficial, textura y dimensionalidad de los materiales de carbono más adecuada para las distintas aplicaciones.

Al final de las sesiones orales del jueves se dio clausura al congreso. Durante la clausura se entregaron los premios a 4 posters y presentaciones flash. Dichos premios estaban patrocinados por el GEC e hicieron entrega de los mismos su presidenta María Jesús Lázaro Elorri y la tesorera Isabel Suelves Laiglesia. La selección fue difícil dada la gran calidad de muchos trabajos. Finalmente, se anunció la sede del próximo congreso de CarboCat que será en Florencia (Italia). Para poner colofón al congreso se realizó la cena de gala en el NH Collection Gran Hotel de Zaragoza, después de lo cual, los más animados, que fueron un gran número, pudieron seguir disfrutando de la noche zaragozana. Queremos dejar constancia de nuestro más sincero agradecimiento a todos los participantes y asistentes al congreso CARBOCAT-IX por venir a Zaragoza. Sin la gran respuesta de asistentes la organización del congreso no hubiera podido llevarse a cabo. También queremos destacar que hemos recibido

felicitaciones de participantes, tanto seniors como jóvenes, muchos de estos últimos probablemente asistirían a su primer congreso internacional tras la pandemia. Esta felicitación debemos hacerla extensiva por parte de los organizadores a todos los participantes, que han trabajado intensamente en la presentación de sus trabajos de investigación con brillantez y que han compartido sus conocimientos científicos con rigurosidad. Al fin y al cabo, de esto se trata en un congreso científico.



Premiados de los poster y presentaciones flash y cena de gala.
Awardees for the poster and flash presentations and gala dinner.

También un agradecimiento especial a todo el comité organizador, muchos de los cuales pertenecen al GEC, que apoyaron en todo momento la realización del congreso y facilitaron su organización. Una agradecimiento y mención especial a todos los voluntarios del ICB y de la UNED que estaban al pie del cañón para las labores de asistencia a los congresistas y acogerlos para hacer su estancia más agradable. Sin su participación, el congreso no hubiera sido posible.

Por último agradecer todo el apoyo económico de los patrocinadores como la Cátedra Solutex de Química Sostenible de la Universidad de Zaragoza, la Delegación del CSIC en Aragón, el Grupo Español del Carbón, el Grupo Especializado en Ciencia y Materiales Moleculares, el Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea, la Real Sociedad Española de Química, la Sociedad Española de Catálisis y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), además de Iberfluid y la Royal Society of Chemistry.



Foto de grupo de los congresistas asistentes al CARBOCAT-IX, Zaragoza 29/06/2022
Group picture of delegates attending CARBOCAT-IX

XXI Edición de la Conferencia Mundial del Carbón Londres, del 3 al 8 de Julio de 2022

Gabriel Alemany Molina, Jhony Xavier Flores Lasluisa, Beatriz Martínez Sánchez y Zaira Ruiz Bernal

Instituto Universitario de Materiales. Universidad de Alicante.

La esperada 21 edición de la Conferencia Mundial sobre el Carbono (*The World Conference on Carbon*) tuvo lugar del 3 al 8 de julio de 2022, siendo este un evento especial después de un intervalo de dos años de ausencia debido a la pandemia Covid19. En este intervalo se produjo la cancelación de la 20 edición y se reprogramó la 21 edición en el año 2022, denominando así el evento como *Carbon 2022*. En esta ocasión, la sede del evento ha sido Londres y el lugar elegido para albergar dicho evento ha sido el *Imperial College London*. Cabe destacar que esta institución es parte importante de la historia para el desarrollo de este congreso, ya que aquí el Profesor Alfred R. Ubbelohde estableció su laboratorio de investigación de carbono y organizó hace 65 años la primera la Conferencia de Grafito y Carbono Industrial del Reino Unido (*first UK Industrial Carbon and Graphite Conference*), que es una de las precursoras de la actual Conferencia Mundial sobre el Carbono. La organización del evento estuvo a cargo del grupo británico del carbono que, como homenaje al cofundador y expresidente del grupo, el Profesor Malcolm Heggie fallecido en 2019, tuvieron como invitado estrella a Molly (Imagen 1).



Imagen 1. Molly es un muñeco hecho a partir de modelos moleculares que el Profesor Heggie utilizaba en sus clases y conferencias.

Image 1. Molly is a doll made from molecular models that Professor Heggie used in his classes and lectures.

El congreso reunió a 320 participantes y además contó con un número extraordinario de comunicaciones orales y posters. Las comunicaciones orales se repartieron en tres salas ubicadas en el Campus de Kensington Sur: *Great Hall*, *Read Lecture Theatre* y *Pippard Lecture Theatre*, donde se realizaron comunicaciones simultáneas de 20 minutos de duración durante los cinco días del evento. Estas salas tienen una capacidad máxima de 758, 118 y 128 personas, respectivamente. La sala *Great Hall* fue la elegida para albergar las conferencias plenarias debido a su gran tamaño y solemnidad (Imagen 2).



Imagen 2. Apertura del congreso en la sala Great Hall.

Image 2. Opening of congress in Great Hall room.

El lunes 4 de julio el congreso arrancó con la Profesora Teresa J. Bandoz, que abordó la importancia de la química superficial de los materiales carbonosos referida a diferentes heteroátomos. El martes 5 de julio pudimos escuchar a la Profesora Conchi Ania acerca de las propiedades fotocatalíticas de carbones nanoporosos libres de metales. El Profesor Sir Konstantin Novoselov presentó el miércoles 6 de julio los últimos avances en su investigación sobre el grafeno. El jueves 7 de julio se contó con la presencia de Dr. Marc Monthieux, el cual ha recibido en esta conferencia el premio “the European Carbon Association Award” y quien habló acerca del papel de la fase líquida en la deposición CVD de carbones pirolíticos. Por último, el viernes 8 de julio el Profesor Milo Shaffer, profesor de Química de Materiales en el Imperial College, explicó las particulares dificultades en el escalado de la producción de diferentes materiales carbonosos. En cuanto a las temáticas de las presentaciones orales, cabe destacar el número tan elevado (11) de sesiones realizadas en la temática Carbones en Energía, donde la electroquímica fue protagonista y se defendieron interesantes trabajos acerca de materiales para baterías, supercondensadores,

pilas de combustible o electrolizadores, entre otros. Se realizaron múltiples sesiones dirigidas a la caracterización de materiales carbonosos, la preparación de materiales compuestos y fibras, preparación de carbones amorfos, heterocarbones y carbones nanoescalados, así como bajo la temática de carbones en Biología, Medicina y Salud. Además, la revista *Carbon* ofreció un workshop acerca de los retos en la ciencia del carbón y los premiados del Grupo Francés del Carbón presentaron sus trabajos. Finalmente, en cuanto a las sesiones de póster, dada la gran participación, se repartieron en dos sesiones de dos horas cada una durante el martes y jueves en las *Queen's Tower Rooms*. Estas sesiones contaron con una alta participación con numerosos debates en los que el presentador del póster discutía y aclaraba sus resultados frecuentemente con más de un participante a la vez.

Si bien es indiscutible la calidad de las numerosas contribuciones científicas enumeradas en el extenso programa de este congreso *Carbon 2022*, también se disfrutaron de otros momentos de ocio fantásticos junto con viejos amigos y muchos otros nuevos que permitan recordar los tiempos anteriores a la pandemia.



Imagen 3. Miembros del Grupo Español del Carbon en los exteriores del Queen's Tower Rooms del Imperial College London.

Image 3. Members of the Spanish Carbon Group outside the Queen's Tower Rooms of Imperial College London.

En la Imagen 3 se muestran los socios del Grupo Español del Carbón (GEC) que asistieron al evento. En primer lugar, la organización nos recibió con un fabuloso cocktail de bienvenida en la zona de registro, ubicada en la *Queen's Tower Rooms* del *Imperial College London*, que ya nos abrió el apetito a un maravilloso congreso en la ciudad de Londres. Tras un primer día de congreso muy enriquecedor con contribuciones científicas de alto nivel, todos los asistentes nos pudimos refrescar e incluso continuar con la discusión de los primeros trabajos en el espectacular *SCI Building* de la *Society for Chemical Industry* ubicado en *Belgrave Square* (Imagen 4), donde un servicio de catering nos esperaba con diferentes delicias londinenses que pudimos degustar acompañadas de una copa de vino para brindar por este reencuentro tan esperado. No cabe duda de

la excelente localización para la celebración de la *Carbon 2022*, no solo por las espectaculares vistas de Londres, sino también por la innumerable lista de museos, monumentos y otros lugares históricos y atracciones emblemáticas de gran interés cultural y turístico. Como broche final, la cena de gala se celebró en un relajante paseo en barco por el río Támesis desde donde se podía admirar la belleza nocturna de la ciudad de Londres (Imagen 5 y 6). Para nuestra sorpresa, el barco atravesó el famoso puente levadizo *Tower Bridge*, uno de los símbolos más destacados de Londres, que se levantó en exclusiva para culminar con este gran evento.



Imagen 4. Cocktail en SCI Building de la Society for Chemical Industry ubicado en Belgrave Square.

Image 4. Cocktail in SCI Building of Society for Chemical Industry located in Belgrave Square.



Imagen 5. Cena de gala navegando por el río Támesis.

Image 5. Conference banquet sailing on the river Thames.

Por todo lo comentado anteriormente, los participantes queremos agradecer a la organización del congreso la indiscutible calidad científica de los trabajos presentados y por el tan visible esfuerzo que han realizado los organizadores para llevar a cabo un evento de esta envergadura. Hay que destacar que, a pesar de la situación política y sanitaria actual, este evento ha tenido un gran impacto en la comunidad científica y ha atraído a personas de muchos países, algunos investigadores de talla mundial, lo que pone de manifiesto la importancia

de esta *Carbon 2022*. Para los que asistimos por primera vez a este evento, nos ha parecido muy instructivo en diferentes aspectos: a nivel científico, el gran número de trabajos de calidad presentados nos permite aprender y resolver muchas de las dudas que nos surgen día a día en nuestros proyectos de investigación, mejorando nuestro potencial investigador; a nivel personal, es increíblemente enriquecedor ya que nos permite abrir fronteras y

conocer la vida investigadora en otros países, así como conocer colegas/posibles colaboradores del mismo campo a nivel internacional. Finalmente, animar a toda la comunidad científica a participar en la siguiente reunión *Carbon 2023* en, ni más ni menos que Cancún (México), que se celebrará del 16 al 21 de julio del 2023. Sin duda, ¡ya tenemos muchas ganas!



Imagen 6. Participantes españoles en la Carbon 2022 tras la cena de gala.

Image 6. Spanish participants in Carbon 2022 after conference banquet.

3rd International Summer School on “Carbon and related nanomaterials: Synthesis, characterization, properties and applications in energy”



Foto con los docentes y participantes del curso en frente de la residencia universitaria de Jaca

Del 11 al 15 de Julio de 2022 tuvo lugar en Jaca (Huesca), en el marco de los Cursos Extraordinarios de la Universidad de Zaragoza, la “*Tercera Escuela de verano sobre “Nanomateriales de carbono y sistemas relacionadas: Síntesis, caracterización, propiedades y aplicaciones en Energía”*”, dirigido por el Dr. Raúl Arenal (INMA, CSIC-Universidad de Zaragoza) y por el Dr. Wolfgang Maser (Instituto de Carboquímica, ICB, CSIC, Zaragoza).

Esta nueva edición de esta Escuela internacional ofreció una introducción multidisciplinar al campo de los nanomateriales de carbono y sistemas relacionados (sistemas 2D, TMDs, perovskitas entre otros). En la Escuela, un curso reconocido con 0,5 créditos ECTS por la Universidad de Zaragoza, participaron 16 alumnos procedentes de España, Bélgica, Francia, Portugal e India, con un amplio abanico de diversas especialidades en áreas de física, química, ingeniería, materiales y energías renovables, entre otros.

Las clases, impartidas en 20 horas por 10 docentes procedentes de España y Francia, y, tanto del CSIC (ICB-CSIC, ICN2-CSIC) como de universidad (Zaragoza, Valencia, Murcia, Cartagena y Montpellier II) cubrieron temáticas de síntesis, funcionalización y procesado. Asimismo, se impartieron clases de técnicas de caracterización y de acercamientos teóricos en las que se describió su fundamento y su importancia para determinar las propiedades de los nanomateriales a diferentes escalas. Las clases

dedicadas a la temática de energía abordaron tanto los fundamentos de dispositivos relacionados como la relevancia especial de los nanomateriales como componente en aplicaciones fotovoltaicas, baterías y para la generación de hidrógeno verde. Detalles del programa se encuentran en la página web:

<https://cursosextraordinarios.unizar.es/curso/2022/3rd-international-summer-school-carbon-and-related-nanomaterials-synthesis>

La Escuela finalizó con una mesa redonda en la que se debatió el potencial de los nanomateriales de carbono y sistemas relacionados para el avance científico y tecnológico en el área de energías renovables. Igualmente se subrayó que el progreso en este campo se basa en un esfuerzo de colaboración inter-y multi-disciplinar entre científicos y tecnólogos.

El desarrollo de la Escuela en el ambiente “único” de la residencia de Jaca contribuyó a establecer interacciones fructíferas entre docentes y alumnos. Asimismo, cabe destacar el apoyo recibido por parte del equipo de los Cursos Extraordinarios de la Universidad de Zaragoza en todo momento. Con todo ello, la vista ya está puesta en la cuarta edición de esta Escuela para julio 2024.

Los organizadores

Raúl Arenal (INMA-Universidad de Zaragoza) y Wolfgang Maser (ICB-CSIC)

El maravilloso mundo de los materiales basados en carbono

Curso-Seminario, del 28 al 30 de noviembre de 2022, Baeza (Jaén)

I Jornada de jóvenes investigadores del GEC

Del 30 de noviembre al 2 de diciembre de 2022, Baeza (Jaén)

Agustín F. Pérez Cadenas

Universidad de Granada, vicepresidente del GEC

Hace varios años que venimos madurando, a propuesta del Prof. Francisco Carrasco, en el seno de la Junta Directiva del GEC, así como en las últimas Asambleas, la idea de diseñar y establecer con carácter permanente un evento académico específico sobre temáticas afines a nuestra asociación, pero que también pueda acoger y despertar el interés de estudiantes, investigadores o personal técnico de otros ámbitos. Finalmente, aquí os presento la primera edición del **Curso del GEC**, que este año lleva por título *El Maravilloso Mundo de los Materiales Basados en Carbono*. El curso, codirigido por Francisco Carrasco junto con el que escribe estas líneas, tendrá lugar en las instalaciones de la Sede Antonio Machado de la Universidad Internacional de Andalucía (UNIA), en la ciudad de Baeza, que cuenta también con una residencia anexa a disposición de estudiantes y profesores que participen en el mismo. Las fechas elegidas para esta primera edición son **del 28 al 30 de noviembre** del presente año, aunque intentaremos fijar fechas más tempranas para las próximas ediciones.

El horario del curso es: de 9:00 a 14:00h y de 16:00 a 19:00h el lunes 28 y martes 29, y de 9:00 a 14:00h el miércoles 30 de noviembre. Los ponentes, todos ellos expertos contrastados, a los que aprovecho para agradecer su implicación, expondrán y tratarán los siguientes temas:

Lunes, 28 de noviembre:

- Preparación de materiales de carbono; Dra. Noelia Alonso Morales - UAM.
- Caracterización de la textura porosa de materiales de carbono por fisiorción; Dr. Fabián Suárez García – INCAR, CSIC
- Caracterización de la química superficial de materiales de carbono; Dr. Jorge Bedía - UAM.
- El papel de la captura, uso y almacenamiento de CO₂ en la reducción de emisiones; Dra. Covadonga Pevida García - INCAR, CSIC

Martes, 29 de noviembre:

- Síntesis, caracterización y modificación superficial de materiales de carbono mediante métodos electro-químicos; Profa. Emilia Morallón – UA.
- Materiales de carbono para almacenamiento de energía; Prof. Diego Cazorla Amorós – UA.
- Integración de residuos y biomasa en la economía circular, del problema a la oportunidad; Dra. M^a Victoria Navarro López – ICB, CSIC.

- Nanoestructuras de carbono: preparación, propiedades y aplicaciones; Dr. Wolfgang Maser – ICB, CSIC.

Miércoles, 30 de noviembre:

- Aplicaciones de los materiales de carbono en catálisis; Dra. Juana M^a Rosas – UMA.
- Protección del conocimiento y transferencia; D. Lucas Montes Pérez – OTRI, UGR.
- Mesa redonda, fin de curso.

Para inscribirse en el curso hay que hacerlo a través de la UNIA mediante uno de los siguientes procedimientos:

1. A través del procedimiento on-line disponible en la dirección:

<https://www.unia.es/automatricula>

2. Por medio del registro electrónico:

<https://rec.redsara.es/registro/action/are/acceso.do>

3. Presentando en el Registro de la Sede el impreso normalizado que facilita la Universidad Internacional de Andalucía, debidamente cumplimentado.

En todos los casos se debe enviar la siguiente documentación: fotocopia del DNI y justificante de haber abonado los derechos correspondientes.

El coste del curso (expediente y matriculación) es de 135€. Adicionalmente habría que sumar el coste de la residencia de la UNIA que asciende a 15 €/noche para los que prevean hacer uso de ella, y no sean socios del GEC, ya que el precio de la matrícula (135€) para los socios del Grupo Español del Carbón, incluye el alojamiento durante el curso en habitación compartida (tres noches). El plazo de matrícula finalizará el 24 de noviembre de 2022.

Baeza es una ciudad hermosa y amable, con un conjunto monumental renacentista declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO desde 2003, que ha albergado durante las últimas décadas, a través de la UNIA y de la mano de Francisco Carrasco en colaboración con otros miembros del GEC, diversos eventos científico-académicos directamente relacionados con el carbón y los materiales de carbono, como la VIII Reunión del GEC (2005), la XXXIX Reunión Ibérica de Adsorción (2014), varios cursos de especialización sobre

adsorbentes y catalizadores (2012, 2014 y 2018), así como el workshop satélite de la CARBON – 2018 “Carbon nano-materials and nano-composites”. Como en ocasiones anteriores esperamos que este curso sea de vuestro interés, que Baeza se convierta en un referente permanente para el GEC, y que esta maravillosa ciudad sea testigo de una amplia participación, y disfrute de nuestro colectivo.

Justo al finalizar este curso y en la misma sede de la UNIA, se celebrará la **I Jornada de Jóvenes Investigadores del Grupo Español del Carbón**, que comenzará la misma tarde del miércoles 30 de noviembre, y se extenderá hasta el mediodía del viernes 2 de diciembre. Esta iniciativa también nace como la anterior, en el seno de la Junta Directiva del GEC de los últimos años, y tiene como objetivo establecer un foro de encuentro y discusión científica, también permanente, entre nuestros jóvenes investigadores asociados, pero abierto simultáneamente a la participación de otros jóvenes investigadores externos. A diferencia del curso, estas jornadas se celebrarán cada dos años; en aquellos que no coincidan con las Reuniones del GEC, y tendrán carácter itinerante al igual que nuestras tradicionales Reuniones.

El Comité Organizador de esta primera edición está formado por los siguientes investigadores: Esther Bailón García - UGR (Presidenta), Adriana Isabel Moral Rodríguez - UGR (Secretaria), Arantxa Davó Quiñero – UGR, Javier Quílez Bermejo – UA, Francisco José García Mateos – UMA, Jessica Justicia González – UAM, Nausika Querejeta Montes – INCAR, CSIC y Antonio Jesús Molina Serrano – ICB, CSIC.

El tema principal de estas jornadas lleva por título: *Aplicaciones de materiales de carbono para el desarrollo sostenible*, del que emanan las siguientes líneas o temáticas:

- Síntesis y caracterización de nuevos materiales basados en carbono.
- Materiales de carbono en energía.
- Materiales de carbono para descontaminación ambiental.
- Materiales de carbono en catálisis.
- Otras aplicaciones de los materiales de carbono.

Para esta primera edición se han programado los siguientes tipos de actividades: comunicaciones orales y en cartel, keynotes, una plenaria, y una mesa redonda. La plenaria será impartida por Dña. María Ros Izquierdo, técnico especialista de la Oficina de Proyectos de Investigación de la UGR, y lleva por título: *Oportunidades de programas, ayudas a la investigación, y empleo tras la tesis*, la cual estamos seguros será de gran interés para todos los asistentes.

La primera fecha aproximada para la recepción de los resúmenes es el **20 de octubre de 2022**, para lo cual, se ha habilitado la siguiente dirección de correo electrónico: organizacion.jjgcec@gmail.com. El procedimiento de inscripción, cuota y próximas actualizaciones serán comunicadas a través de la web propia (<https://jovenesgecarbon.org/>), de la página web del GEC, de la red social @ **JovenesGEC**, así como mediante correo electrónico. Esperamos igualmente encontrarnos con muchos de nuestros jóvenes investigadores en Baeza, dónde estas jornadas serán sin duda una experiencia muy interesante y enriquecedora en todos los sentidos.

Para finalizar quiero expresar mi agradecimiento al GEC, tanto a sus Juntas Directivas, como por extensión a todos sus miembros, por la confianza y apoyo a estas iniciativas; y a la UNIA por acoger siempre con interés todas nuestras propuestas. ¡Nos vemos en Baeza!



Socios protectores del Grupo Español del carbón



Industrial Química del Nalón, S.A.
NalónChem