

Líneas en materiales de carbono en la República Oriental del Uruguay

Alejandro Amaya^{1,4}, Andrés Cuña Suárez¹, Emilio Muñoz-Sandoval², Juan Bussi^{1,3}, Nestor Tancredi^{1,4}

¹Área Físicoquímica, DETEMA, Facultad de Química, Universidad de la República, Av. General Flores 2124, 11800, Montevideo, Uruguay.

²IPICYT, División de Materiales Avanzados, Camino a presa San José 2055, Lomas 4a sección, San Luis Potosí 78216, México.

³Laboratorio de Físicoquímica de Superficies, DETEMA, Facultad de Química, Universidad de la República, Av. General Flores 2124, 11800, Montevideo, Uruguay.

⁴Instituto Polo Tecnológico de Pando, Facultad de Química, Universidad de la República, By pass Ruta 8 y Ruta 101, Pando, Uruguay

Resumen

Desde sus primeros pasos en la década del 80, en la Facultad de Química de la Universidad de la República (Uruguay) se ha desarrollado un amplio número de líneas de trabajo en materiales de carbono. La línea de preparación de adsorbentes carbonosos ha realizado trabajos de obtención de carbón activado y tamices moleculares a partir de diversos tipos de biomasa (principalmente de origen forestal), fibras de carbón (a partir de fibras de origen animal y vegetal) y carbon dots. En otras líneas, se ha trabajado en el desarrollo de materiales de carbón para conversión y almacenamiento de energía (tanto como electrodo en supercondensadores como para materiales para celdas de combustible de etanol directo), en la síntesis de nanotubos de carbono dopados con nitrógeno, y en la investigación en procesos de carbonización hidrotérmica para valorización de residuos vegetales y domiciliarios. En distintas instancias se ha trabajado en colaboración con universidades en Brasil, Argentina, México, España, Chile, Francia y Alemania.

Abstract

Since the first steps in the decade of 1980, the group at the School of Chemistry of the Universidad de la República (Uruguay) has developed a wide range of research lines in carbon materials. The first one was that of carbonous adsorbents, which has worked in the production of activated carbon and molecular sieves from diverse biomass sources (mainly forestry residues), carbon fibers (from animal- and vegetal-sourced fibers) and carbon dots. In other lines, there have been developments in the production of carbon materials for the conversion and storage of energy (both as electrode in supercapacitors and as material for direct ethanol fuel cells), in the synthesis of nitrogen-doped carbon nanotubes, and, more recently, doing research in hydrothermal carbonization processes to valorize vegetal and domiciliary residues. Collaboration were made with universities of Brazil, Argentina, México, Spain, Chile, France and Germany.

Línea Adsorbentes Carbonosos del Área Físicoquímica- DETEMA -Facultad de Química – Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Responsables: Dr. Nestor Tancredi, Dr. Alejandro Amaya

El grupo de adsorbentes carbonosos nació como consecuencia de estudios sobre pirólisis de madera que se realizaron en la década de los `80 con el Dr. Wáshington Diano como Director y la Tesis de Doctorado que el Prof. Nestor Tancredi realizó en la Universidad de Málaga (UMA), España, con la dirección de los Dres. Juan José Rodríguez Jiménez y Tomás Cordero Alcántara y de la Dra. Antonia Grompone (Udelar). El tema de la tesis [1] fue la Preparación de carbón activado a partir de madera de eucalipto y en el mismo se utilizaron maderas de origen nacional.

Carbón activado

A partir de ese momento se fueron desarrollando distintos trabajos relacionados con la preparación de carbón activado a partir de diferentes tipos de biomasa, su caracterización y su aplicación. Se buscó especialmente trabajar con residuos de biomasa de actividades agrícola-ganaderas, que por su importancia en el país proporcionan grandes volúmenes de residuos, los cuales causan problemas económicos y ambientales. De esta forma se disminuye el volumen de residuo a disponer y el mismo se valoriza.

Se trabajó en colaboración con diversos grupos. Con la UMA, se estudió la preparación de carbón activado granulado a partir de carbón activado en polvo y la adsorción de moléculas modelo sobre el mismo [2-5], con la Universidad Federal de Minas Gerais se estudió la preparación de composites carbono/carbono [6], con la Universidad de San Juan se utilizaron diversos tipos de biomasa, como cáscara de arroz y mosto de uva, para obtener carbones activados con distintas propiedades [7-9] y con la Universidad Nacional de Río Cuarto se ensayaron carbones activados para la adsorción de tóxicos [10]. En una línea de investigación en energías renovables se investigó la obtención y propiedades de biocarbones [11-16] y los efectos térmicos asociados a la pirólisis y torrefacción de biomasa impregnada con agentes activantes [17,18]. También se trabajó en la preparación de carbones activados a partir del residuo carbonoso de la licuefacción hidrotérmica de biomasa [19] y en el efecto del carbón activado sobre reacciones fotoquímicas [20, 21]. Por último, en todo momento se continuó con la preparación y

caracterización de carbones activados a partir de diferentes biomásas abundantes en la región [22-28].

Tamices moleculares de carbón

Otra de las líneas surgidas del trabajo con materiales carbonosos fue la modificación de carbones activados por impregnación seguida de tratamiento térmico para la obtención de tamices moleculares de carbón (TMC). Los tamices moleculares suelen definirse como materiales microporosos con los que es posible la separación de moléculas en base a tamaño y a forma; algunos autores incluyen materiales mesoporosos dentro de la definición y otros, consideran entre los tamices moleculares aquellos materiales con los que es posible separar mezclas basándose en diferencias en velocidad de adsorción de los distintos componentes. En este sentido, en la tesis de Doctorado del Prof. Alejandro Amaya [29] se estudió la impregnación de carbón activado de pino con alquitrán de madera. Como resultados principales de esta investigación se encontró que el proceso tenía como resultado tanto la modificación textural generadora de efecto tamiz molecular como un incremento considerable de la resistencia mecánica a los aglomerados. Parte de este trabajo fue realizado en colaboración con la Universidad de Concepción. Los TMC producidos se evaluaron como adsorbentes para la separación de distintas mezclas de gases como la obtención de oxígeno y nitrógeno a partir del aire y la obtención de metano y dióxido de carbono a partir de biogás [30-33]. Para esto, se construyó un equipo automático para la determinación de rapidez de adsorción de gases en sólidos a diferentes presiones (hasta 5 bar). Este equipo se utilizó también para estudiar las posibilidades de uso de diferentes adsorbentes como secuestrantes de dióxido de carbono [34-35].

Fibras de carbón y fibras de carbón activado

Otra presentación de materiales carbonosos que se estudia es la de fibras de carbón (FC) y fibras de carbón activado (FCA). Las fibras de carbón son materiales carbonosos que suelen presentarse en hebras de unos 5-10 μm . Pueden ser de origen natural o artificial y se utilizan como tales o combinadas con otros materiales (composites). Encuentran amplia aplicación en la industria aeronáutica (debido a la combinación de propiedades de baja densidad y alta resistencia). También se las ha usado en la industria automotriz así como para la elaboración de telas o filtros.

La mayor parte de las fibras de carbón comerciales disponibles son de origen sintético, aunque una de las primeras patentes registradas fue de fibras de algodón carbonizadas. El estudio de las posibilidades de obtención de fibras de carbón a partir de fibras naturales sigue representando un desafío para los investigadores en materiales carbonosos al punto de que, en los últimos años, se las ha obtenido a partir de fibras vegetales como algodón, cáñamo, yute y coco. También se ha reportado la utilización de materias primas de origen animal como lana

y pelos animales. En el caso del uso de fibras de origen animal, se han empleado diferentes agentes activantes: ácido fosfórico, carbonato de potasio y sodio y otros. En esta línea se obtuvo financiación para varios proyectos, se llevaron a cabo trabajos de grado y se está desarrollando la tesis de doctorado de la Lic. Ana Claudia Pina en colaboración con el Centre National de la Recherche Scientifique Francia. En particular se estudian las posibilidades de obtención de FC y FCA a partir de precursores naturales como la arpillera, el cáñamo y la lana [36-40]. La principal aplicación en la que se ensayan estos adsorbentes es la remoción de contaminantes emergentes (medicamentos y pesticidas) de medios acuosos [41-42].

Carbon dots

Entre los materiales carbonosos que se desarrollan en el equipo se encuentran también los carbon dots y nano carbon dots. Estos materiales, de dimensiones nanométricas, pueden obtenerse mediante diferentes métodos (microondas, tratamientos hidrotérmicos, oxidación) y presentan propiedades únicas vinculadas a confinamiento cuántico. Se llevó a cabo un proyecto en el que se evaluó la posibilidad de separar carbon dots en función del tamaño de partícula mediante ultracentrifugado [43-44]. Actualmente se trabaja en la evaluación de la fluorescencia emitida por dispersiones de las fracciones separadas a distintas velocidades de centrifugado.

Línea Preparación y Caracterización de Materiales para Conversión y Almacenamiento de Energía, del Área Físicoquímica- Facultad de Química – DETEMA - Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Responsable: Prof. Dr. Andrés Cuña Suárez

En Uruguay, nuestro grupo ha sido pionero en la investigación relacionada con el desarrollo de materiales para electrodos de condensadores electroquímicos (también conocidos como supercondensadores), aplicando conocimientos adquiridos en diferentes estancias de capacitación e investigación realizadas por el Prof. Andrés Cuña en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM) bajo la dirección del Dr. José María Rojo, y financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay (ANII). Estas investigaciones comenzaron en el año 2009 con la realización de la tesis doctoral del Profesor Cuña "Supercondensadores a partir de materiales carbonosos para almacenamiento de energía" [44], bajo la dirección de los Profesores Nestor Tancredi y Juan Bussi (Facultad de Química, Udelar), y el Dr. Rojo (ICMM, España). En nuestro laboratorio se prepararon diferentes carbones activados en polvo y monolitos de carbón, obtenidos a partir de madera de *Eucaliptus grandis* y empleando diferentes condiciones de preparación (agente activante, tiempo y temperatura de carbonización y/o

activación, etc.). Las características fisicoquímicas de los materiales obtenidos fueron correlacionadas con diferentes parámetros electroquímicos vinculados a su aplicación como electrodos de supercondensadores. Los principales resultados de estas investigaciones fueron presentadas en diferentes congresos nacionales e internacionales, y publicadas en revistas internacionales arbitradas [45-47]. En los últimos años, nuestro grupo también ha trabajado en el desarrollo de materiales para supercondensadores en colaboración con los Dres. Mauricio Ribeiro Balda y Jossano Saldanha Marcuzzo del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Brasil (INPE) [48-50], el Profesor Jair C. C. Freitas de la Universidad Federal de Espírito Santo [51], las Dras. Gisele Amaral-Labat (Universidad de Sao Paulo, Brasil) y Flavia Lega Braghiroli (Centre Technologique Des Résidus Industriels, Canada) [52] y la Lic. Ana Claudia Pina (Facultad de Química, Udelar) [53].

Respecto a la investigación relacionada con el desarrollo de materiales para Celdas de Combustible de Etanol Directo (DEFCs por sus siglas en inglés), desde el año 2012, nuestro grupo ha realizado importantes trabajos de investigación en colaboración con la Profesora Célia de Fraga Malfatti y la Dra. Elen Almeida Leal da Silva del Laboratorio de Pesquisa em Corrosão (LAPEC) de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, Brasil). Durante el período 2012-2016 se trabajó en forma conjunta en el proyecto binacional financiado por CAPES/Udelar, "Cooperación Brasil-Uruguay para el Desarrollo de Catalizadores Soportados en Materiales Carbonosos para Conversión de Energía a Partir de Fuentes Renovables", dirigido en Uruguay por el Prof. Tancredi. En el marco de este proyecto se trabajó en la preparación, y caracterización de catalizadores a base de Pd, Pt y aleaciones de estos, soportados sobre biocarbonos, para su aplicación en la electro-oxidación de etanol. Los materiales preparados fueron caracterizados por diferentes técnicas fisicoquímicas, electroquímicas y espectroelectroquímicas (ART-FTIR in-situ). Este trabajo ha permitido contribuir a un mejor entendimiento de los mecanismos y parámetros que influyen en la performance electrocatalítica de diferentes materiales catalíticos utilizados en electrodos de DEFCs, representando un avance importante en el conocimiento de la preparación y desempeño de estos, resultando en la publicación de varios artículos científicos en revistas internacionales arbitradas [54-56] y varias presentaciones en congresos nacionales e internacionales. En los últimos años, nuestro grupo, junto al Prof. Tancredi y la MSc. Carmina Reyes, se ha centrado en la síntesis alternativa de electrocatalizadores para la electro-oxidación de etanol a base de metales no nobles. En este sentido, hemos sido pioneros en la investigación relacionada con el uso de la síntesis hidrotermal para la preparación de electrocatalizadores a base de níquel utilizando residuos de biomasa como precursor carbonoso. Estos estudios han demostrado

que la síntesis hidrotermal puede ser un método rápido, limpio y sustentable para la preparación de electrocatalizadores a base de metales no nobles [57, 58].

Para finalizar, cabe mencionar que, además de las publicaciones citadas anteriormente, las investigaciones de nuestro grupo han propiciado un sostenido intercambio y formación de recursos humanos, así como la sinergia entre diferentes grupos de investigación de investigación en Uruguay, la región y el mundo.

Línea: Nanotubos de carbono dopados con nitrógeno del Área Fisicoquímica- Facultad de Química – DETEMA - Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Responsables: Dr. Juan Bussi, Dr. Nestor Tancredi. Responsable por el IPICYT (México): Dr. Emilio Muñoz-Sandoval

La síntesis de nanotubos de carbono surgió como una línea de investigación que combina la experiencia previa en materiales de carbono del grupo de adsorbentes carbonosos dirigido por el Prof. Nestor Tancredi y la de catálisis heterogénea dirigida por el Prof. Juan Bussi iniciada desde sus estudios doctorales bajo la dirección del Dr. Roger Kieffer [1]. Posteriores proyectos de investigación en esa línea permitieron encarar el estudio de catalizadores de níquel aplicados al vapo-reformado de etanol. Estos estudios comenzaron en el marco del proyecto "Producción de hidrógeno para Pilas de Combustible a partir de bioetanol" (1/09-2002 – 31/12/2006), financiado por el programa CYTED (proyecto IV-21) dirigido por el Dr. Miguel Laborde de la Universidad de Buenos Aires. Como resultado de ese proyecto, nuevos materiales sólidos en base a óxidos metálicos ternarios (Ni-La-Zr) fueron caracterizados en sus propiedades estructurales, texturales y como catalizadores en el vapo-reformado de etanol. Entre las propiedades de estos materiales se encontró que dan lugar a un sistema bifásico en el que las fases níquel metálico y lantanato de zirconio ($\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$) con estructura tipo pirocloro coexisten en forma estable en las condiciones típicas del reformado hasta temperaturas de 650 °C, con la fase metálica altamente dispersa debido a su alta interacción con el óxido mixto de La y Zr [2,3]. Posteriores estudios de estos materiales confirmaron propiedades estructurales similares [4,5].

Sobre la base de la experiencia descrita anteriormente surgió la posibilidad de evaluar el comportamiento de dichos materiales (Ni/LZO) como catalizadores para la producción de materiales de carbono mediante el proceso de Deposición Química de Vapor (CVD por sus siglas en inglés). Una serie de ensayos preliminares demostraron el crecimiento de nanotubos de carbono sobre Ni/LZO y dieron lugar al comienzo de actividades de la Qca. Angie Quevedo como investigadora en dicha línea [6]. Los estudios prosiguieron en colaboración con el grupo de investigación del Laboratorio de

Nanoestructuras de Carbono y Sistemas Laminares, de la División de Materiales Avanzados del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) en San Luis Potosí, México, dirigido por el Prof. Emilio Muñoz-Sandoval y el Prof. Florentino López-Urías, lo que ha permitido conocer el desempeño de los catalizadores Ni/LZO en el crecimiento de nanotubos de carbono a partir de bencilamina y las propiedades de las estructuras de carbono resultantes. Se han producido nanotubos de carbono multipared dopados con nitrógeno (N-MWCNT) a 800 °C, 850 °C, 900 °C y 950 °C y su morfología, grado de grafitización, naturaleza química y estabilidad térmica se estudiaron mediante microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión, espectroscopía Raman, espectroscopía de fotoelectrones de rayos X y análisis termogravimétrico. Los N-MWCNT exhibieron una morfología en forma de bambú con pequeñas nanopartículas ancladas en su superficie y en el interior de éstos. Las nanopartículas de Ni cubiertas por capas de grafito aparecen a lo largo de los nanotubos. Los cambios en la estructura de los catalizadores antes y después de la síntesis se controlaron por difracción de rayos X. El níquel metálico (Ni⁰), la estructura de pirocloro La₂Zr₂O₇ y las fases de grafito de carbono se pudieron identificar claramente en todas las muestras de MWCNTs-Ni/LZO. La presencia de níquel metálico en estos compuestos también se confirmó mediante mediciones magnéticas. Los trabajos actualmente en desarrollo apuntan al uso de otros compuestos que contienen carbono para la producción de nanotubos de carbono y la búsqueda de sus aplicaciones como catalizadores [7-9].

Línea en carbonización hidrotérmica del Área Físicoquímica- DETEMA -Facultad de Química – Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Responsable: Dr. Nestor Tancredi

Se comenzó el trabajo con técnicas de carbonización hidrotérmica en 2011, adquiriendo un reactor batch de pequeño tamaño para experimentar en la producción de partículas nanoscópicas de carbón a partir de azúcares simples (glucosa, almidón, celulosa), así como de otras sustancias más complejas (maderas, restos de vegetación, etc.). Los materiales obtenidos variaban en su aspecto microscópico desde esferas de tamaño nanoscópico (principalmente al trabajar con azúcares simples) hasta estructuras más complejas y con un aspecto más poroso que el material de partida (al trabajar con restos vegetales y madera). Algunos de estos resultados fueron presentados en el congreso internacional Carbon 2013 [68].

Posteriormente, el estudiante Jorge De Vivo ha comenzado el desarrollo de su tesis de doctorado trabajando en la carbonización hidrotérmica de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), una planta acuática con un negativo impacto ambiental [69 –

71], para la obtención de productos carbonosos (para su utilización como combustible y la preparación de carbones activados). El producto obtenido presenta propiedades adecuadas como combustible (hasta unos 20 MJ kg⁻¹ de poder calorífico superior, según las condiciones del proceso), con una mejoría sustancial respecto al material de partida (13 MJ kg⁻¹). Asimismo, experiencias previas a partir de otros tipos de biomasa con igual proceso [72] auguran la posibilidad de obtener un carbón activado con buenas propiedades, lo cual llevaría a una valorización mayor de esta biomasa de baja utilidad. La materia prima fue a su vez obtenida del lago Inle de Myanmar, por lo que se han presentado trabajos en congresos relacionados con la temática de medioambiente en regiones tropicales [73], así como en congresos de procesos hidrotérmicos y de química en general [74, 75].

Desde el año 2019 está en marcha un proyecto mediante el cual se estudia la carbonización hidrotérmica de residuos sólidos municipales de Montevideo y su área metropolitana, trabajando tanto con un modelo simplificado de estos residuos (a partir de sustancias puras), así como con residuos reales seleccionados.

Referencias

- [1] Tancredi N. Preparación de carbón activado a partir de madera de eucalipto. Universidad de la República, Montevideo, Tesis Doctoral 1996.
- [2] Cordero T, Rodríguez-Mirasol J, Tancredi N, Piriz J, Vivó G, Rodríguez J J. Influence of surface composition and pore structure on Cr(III) adsorption onto activated carbons. *Ind Eng Chem Res* 2002; 41(24):6042-6048.
- [3] Milich P, Möller F, Píriz J, Vivó G, Tancredi N. The influence of preparation methods and surface properties of activated carbons on Cr(III) adsorption from aqueous solutions. *Sep Sci and Tech* 2002; 37(6):1453-1467.
- [4] Tancredi N, Cordero T, Medero N, Möller F, Píriz J, Plada C. Phenol adsorption onto powdered and granular activated carbon, prepared from Eucalyptus wood. *J Colloid Interf Sci* 2004; 279(2):357-363.
- [5] Amaya A, Píriz J, Tancredi N, Cordero T. Activated carbon pellets from Eucalyptus tar and char. *J Therm Anal Calorim* 2007; 89(3):987-991.
- [6] Magalhães F, Pereira MC, Fabris JD, Bottrel SEC, Amaya A, Tancredi N, Lago RM. Novel highly reactive and regenerable carbon/iron composites prepared from tar and hematite: use on the reduction of Cr(VI) contaminant. *J Hazard Mater* 2009; 165(1):1016-1022.
- [7] Deiana AC, Sardella MF, Silva H, Amaya A, Tancredi N. Use of grape stalk, a waste of the viticulture industry, to obtain activated carbon. *J Hazard Mater* 2009; 172:13-19.
- [8] Granados D, Venturini R, Amaya A, Sergio M, Tancredi N, Deiana C. Activated carbons obtained from rice husk: influence of leaching on textural parameters. *Ind Eng Chem Res* 2008; 47(14):4754-4757.
- [9] Amaya A, Medero N, Tancredi N, Silva H, Sardello F, Deiana C. Activated carbon briquettes from biomass materials. *Bioresource Technol* 2007; 98(8):1635-1641.

- [10] Monge MP, Magnoli AP, Bergesio MV, Tancredi N, Magnoli CE, Chiacchiera SM. Activated carbons as potentially useful non-nutritive additives to prevent the effect of fumonisin B1 on the sodium bentonite activity against chronic aflatoxicosis. *Food Addit Contam A* 2016; 33:1043-1052.
- [11] Cuña A, Tancredi N, Pinheiro P, Yoshida MI. Thermal analysis of the combustion of charcoals from Eucalyptus dunnii obtained at different pyrolysis temperatures. *J Therm Anal Calorim* 2010; 100(3):1051-1064.
- [12] Amaya A, Corengia M, Cuña A, De Vivo J, Sarachik A, Tancredi N. Preparation of charcoal pellets from Eucalyptus wood with different binders. *J Energy Natural Res* 2015; 4(2):34 – 39.
- [13] Tancredi N, Cuña A, Yoshida MI. Wood Pyrolysis: Influence of Pyrolysis Temperature and Heating Rate on charcoal Properties and Pyrolysis Process. En: Walker S. Donahue y Jack C. Brandt Eds. *Pyrolysis: Types, Processes, and Industrial Sources and Products*, Nova Science Inc. Publishers, 2009 p. 153-163.
- [14] Tancredi N, Cuña A, Luizzi JP, Corengia M, Sarachik A, Amaya A. Obtention of charcoal from eucalyptus wood in a steel pilot scale kiln. En: Erik Tyrone Ed. *Charcoal: Chemical Properties, Production Methods and Applications*, Nova Science Inc. Publishers, 2013 p. 61-74.
- [15] Tancredi N, Amaya A, Corengia M, Sarachik A. Pellets de carbón y alquitrán de madera: producción y evaluación de los mismos como combustible alternativo. IV Encuentro Regional de Ingeniería Química, 2008. Memorias en CD, trabajo 46.
- [16] Corengia M, De Vivo J, Sarachik A, Amaya A, Tancredi N. Production and characterization of charcoal pellets with molasses as a binder. First International Conference on Recycling and Reuse of Materials (ICRM 2009), 2009. Memorias en CD, oral 49.
- [17] Tancredi N, Gabús M, Yoshida MI, Cuña A. Thermal studies of wood impregnated with ZnCl₂. *Eur. J. Wood Prod.* 2017; 75(4): 633-638.
- [18] De Vivo J, Cuña A, Tancredi N. Early steps of carbonization by chemical activation: thermal analysis of catalytic torrefaction of impregnated wood. *Carbon 2015 - Innovation with Carbon Materials*. Memorias en CD, lectura BC5.
- [19] Reyes C, Tancredi N, Amaya A. Utilización de carbón activado de pino producido vía licuefacción hidrotérmica (LHT) como tamiz molecular. Tercer Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono, TLMC-3, 2018. Memorias, Oral 5.
- [20] Martínez N, Ucha A, Quevedo A, Clavijo D, Tancredi N, Bussi J. Estudios cinéticos sobre la influencia de carbon activado en la reducción fotocatalítica de cromo(VI) en solución acuosa. XXI Simposio Iberoamericano de Catálisis (SICAT 2008), 2008.
- [21] Martínez N, Ucha A, Quevedo A, Clavijo D, Tancredi N, Bussi J. Influencia de fenómenos de adsorción en la reducción fotocatalítica de cromo (VI) en solución acuosa. IV Encuentro Regional de Ingeniería Química, 2008. Memorias en CD, trabajo 23.
- [22] Amaya A, Medero N, Tancredi N, Silva H, Deiana C. Utilización de cáscara de arroz en la preparación de briquetas de carbón activado. IV Encuentro Regional de Ingeniería Química, 2008. Memorias en CD, trabajo 38.
- [23] Amaya A, Pina AC, García L, Tancredi N. Pine sawdust as precursor for activated carbon prepared by phosphoric acid activation. Adsorption capacity studies, temperature and time effects. V Congreso Brasileiro de Carbono, 2011.
- [24] Miranda T, Cunha C, Tancredi N, Amaya A. Differences among activated carbons obtained from sapwood and heartwood from Pinus taeda. *Carbon 2013-Annual World Conference on Carbon*, 2013. Memoria en CD, trabajo U0246-S0704.
- [25] Pina AC, García L, Tancredi N, Amaya A. Assessment of impregnation method effect on H₃PO₄ chemical activation. *Carbon 2013-Annual World Conference on Carbon*, 2013. Memoria en CD, trabajo U0246-S0653.
- [26] Banfi M, Flecchia S, Pina AC, Amaya A, Tancredi N. Carbón activado a partir de endocarpos de Butia odorata. Segundo Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono para Medio Ambiente y Energía, TLMC2, 2016. Memorias, p. 54.
- [27] Quiroga D, Reyes C, Sánchez G, Amaya A, Tancredi N. Adaptación de un horno rotatorio para el uso de vapor de agua como activante: Producción de carbón activado a partir de Eucalyptus dunnii. 6° Encuentro Nacional de Química, ENAQUI 6, 2019. Memorias, p. 218.
- [28] De Vivo J, Amaya A, Tancredi N. Production and characterization of activated carbon from Platanus acerifolia via hydrothermal carbonization and physical activation. *Carbon 2019*, 2019. Memorias, p. 96.
- [29] Amaya A. Obtención y caracterización de tamices moleculares de carbón. Universidad de la República, Montevideo, Tesis Doctoral 2011.
- [30] Amaya A, Tancredi N. Carbon molecular sieves from fruit waste for biogas separation, *Carbon 2018*, 2018. Memorias, p. 0741.
- [31] Pacheco M, Tancredi N, Amaya A. Tamices moleculares de carbón empleando melaza como aglomerante, Primer Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono para Medio Ambiente y Energía, 2014. Resúmenes, p. 25.
- [32] Amaya A, García R, Oportus M, Reyes P, Bussi J, Contreras M, Tancredi N. Preparation of carbon molecular sieves from waste products and its evaluation in the separation of gas mixtures. *Carbono 2011*, 2011. Memorias p. 88.
- [33] Amaya A, Pina A, Tancredi N, Marcuzzo J, Baldán M, CO₂ capture and biomethane obtention using activated carbon filter of animal origin, *MRS Advances 2018*;1-12.
- [34] Feijó L, Botta L, Gerón M, Pina A, Amaya A. Captura de CO₂ en carbones nanoporosos obtenidos a partir de arpillera, 6° Encuentro Nacional de Química, ENAQUI 6, 2019. Memorias, p. 112.
- [35] Pina A, Tancredi N, Amaya A. Wool Activated Carbon Felt for carbon dioxide capture and methane obtention, *Cesep 2017*. 2017. Memorias, p. OG2.
- [36] Amaya A, García L, Marcuzzo J, Tancredi N, Pina A. Obtención de fibra de carbón activado a partir de lana de alpaca, Segundo Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono para Medio Ambiente y Energía, TLMC2, 2016. Memorias, p. CR83.
- [37] Pina A, García L, Tancredi N, Amaya A. Aplicación de espectroscopía de Infrarrojo (FTIR), Raman (FTR) y Masa (MS), para la evaluación de cambios fisicoquímicos durante la obtención de carbón activado a partir de fieltro de lana de oveja, Encuentro Nacional de Química 2017, ENAQUI 5. Memorias, p 48.

- [38] García L, Pina A, Tancredi N, Amaya A. Análisis termogravimétricos de la preparación de fibras de carbón activado a partir de lana, Segundo Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono para Medio Ambiente y Energía, TLMC-2, 2016. Resúmenes, p 28.
- [39] Amaya A, Pina A, García L, Marcuzzo J, Tancredi N. Production and Characterization of Carbon Felt from Wool. Carbon 2015, Memorias, p. D10326.
- [40] Pina A, García L, Tancredi N.; Amaya A., Obtención y Caracterización de fibras de Carbón de Origen Animal, Primer Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono para Medio Ambiente y Energía, 2014. Memorias, p. 24
- [41] Pina A, Tancredi N, Amaya A. Activated carbon from wool for paracetamol adsorption. World Carbon Conference Carbon 2018, 2018, Memorias, p. poster 523
- [42] Pina A, Berenger A, Tancredi N, Ania C, Amaya A. Activated carbons from a natural source and their use for the competitive adsorption of pharmaceuticals. Carbon 2019, 2019. Memorias, p. 395
- [43] Rodríguez C, Di Benedetto N, Amaya A. Carbon dots a partir de lactosa mediante digestión ácida. Tercer Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono, TLMC-3, 2018. Memorias, p. CR83.
- [44] Cuña A. Supercondensadores a partir de materiales carbonosos para almacenamiento de energía. Universidad de la República, Montevideo, Tesis Doctoral 2014.
- [45] Cuña A, Tancredi N, Bussi J, Deiana C, Sardella MF, Barranco V, Rojo JM. E. grandis as a biocarbons precursor for supercapacitor electrode application. Waste Biomass Valori 2014; 5:305-313.
- [46] Cuña A, Tancredi N, Bussi J, Barranco V, Centeno TA, Quevedo A, Rojo JM. Biocarbon monoliths as supercapacitor electrodes: influence of wood anisotropy on their electrical and electrochemical properties. J Electrochem Soc 2014; 161(12):A1806-A1811.
- [47] Cuña A, Ortega MR, Leal da Silva E, Radtke C, Tancredi N, Malfatti C. Nitric acid functionalization of carbon monoliths for supercapacitors: effect on the electrochemical properties. Int J Hydrogen Energ 2016; 41(28):12127-12135.
- [48] Rodrigues A, Silva de Olivera AP, Ribeiro Baldan M, Cuña A, Leal da Silva E, Matsushima J, Sarmento Gonçalves E, Saldanha Marcuzzo J. High-performance supercapacitor electrode based on activated carbon fiber felt/iron oxides. Mater Today Commun 2019; <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2019.100553>.
- [49] Rodrigues AC, Munhoz MGC, Pinheiro BS, Batista AF, Amaral Labat GA, Cuña A, Matsushima JT, Marcuzzo JS, Baldan MR. N-activated carbon fiber produced by oxidation process design and its application as supercapacitor electrode. J Porous Mater 2019; <https://doi.org/10.1007/s10934-019-00799-7>.
- [50] Rodrigues A, Leal da Silva E, Quirino SF, Cuña A, Marcuzzo JS, Matsushima JT, Gonçalves ES, Baldan M. Ag@Activated carbon felt composite as electrode for supercapacitors and a study of three different aqueous electrolytes. Materials Research 2019; 22(1):1-9.
- [51] Cuña A, da Silva EL, Malfatti CF, Gonçalves GR, Schettino Jr MA, Freitas JCC. Porous carbon-based nanocomposites containing Fe₂P nanoparticles as promising materials for supercapacitor electrodes. J Elec Mater 2020; 49:1059-1074.
- [52] Braghiroli FL, Cuña A, Leal da Silva E, Amaral-Labat G, Lenz e Silva GFB, Bouaffif H, Koubaa A. The conversion of wood residues, using pilot-scale technologies, into porous activated biochars for supercapacitors. J Porous Mater 2019; <https://doi.org/10.1007/s10934-019-00823-w>.
- [53] Pina AC, A Amaya, Saldanha Marcuzzo J, Rodrigues A, Baldán MR, Tancredi N, Cuña A. Supercapacitor electrode based on activated carbon wool felt. J Carbon Res 2018; 4(2):24.
- [54] Leal da Silva E, Ortega Veja MR, Santos Correa P, Cuña A, Tancredi N, Fraga Malfatti C. Influence of activated carbon porous texture in catalyst activity for ethanol electro-oxidation. Int J Hydrogen Energ 2014; 39(27):14760-14767.
- [55] Leal da Silva E, A Cuña, Ortega Vega M, Radtke C, Machado G, Tancredi N, Malfatti C. Influence of the support on PtSn electrocatalysts behavior: ethanol electro-oxidation performance and in-situ ATR-FTIRS studies. Appl Catal B 2016; 193:170-179.
- [56] Leal da Silva E, Cuña A, Khan S, Marcuzzo J, Pianaro S, Cadorin M, Fraga Malfatti C. Biomass derived carbon as electrocatalyst support for ethanol oxidation reaction in alkaline medium: electrochemical and spectroelectrochemical characterization, Waste Biomass Valori 2018; <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0510-8>.
- [57] Cuña A, Reyes C, Leal Da Silva E, Marcuzzo J, Khan S, Tancredi N, Baldan M, Malfatti C. Electrochemical and spectroelectrochemical analyses of hydrothermal carbon supported nickel electrocatalyst for ethanol electro-oxidation in alkaline medium. Appl Catal B 2017; 202:95-103.
- [58] Leal da Silva E, Cuña A, Reyes Plascencia C, Radtke C, Tancredi N, Fraga Malfatti C. Clean synthesis of biocarbon-supported Ni@Pd core-shell particles via hydrothermal method for direct ethanol fuel cell anode application. Clean Techn Environ Policy 2020; 22:259-268.
- [59] Bussi J. Étude de la transformation d'espèces chimisorbées en C²". Universidad Louis Pasteur, Estrasburgo, Tesis doctoral, 1984.
- [60] Bussi J, Bepalko N. Reformado de bioetanol con catalizadores Ni/LaZr para producción de hidrógeno. En: M.A. Laborde, M.C. Abello, P. Aguirre, N. Amadeo, J. Bussi, H. Corti, E. González Suárez, M.Á. Gutiérrez Ortiz, V. Kafarov y A. Rodrigues Eds. Producción y purificación de hidrógeno a partir de Bioetanol y su aplicación en Pilas de Combustible, CYTED, 2006 p. 55-58.
- [61] Bussi J, Bepalko N, Veiga S, Amaya A, Faccio R, Abello C. The preparation and properties of Ni-La-Zr catalysts for the steam reforming of ethanol. Catal Commun 2008; 10(1):33-38.
- [62] Bussi J, Musso M, Veiga S, Bepalko N, Faccio R, Roger AC. Ethanol steam reforming over NiLaZr and NiCuLaZr mixed metal oxide catalysts. Catal Today 2013; 213:42-49.
- [63] Veiga S, Bussi J. Efficient conversion of glycerol to a H₂ rich gas mixture by steam reforming over NiLaZr catalysts. Top Catal 2016; 59(2):186-195.
- [64] Quevedo A, Bussi J, Tancredi N. Preparación de nanotubos de carbono por el método CVD con catalizadores de Ni utilizando limoneno y acetileno como precursores. Primer Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono, 2014. Libro de resúmenes p. 23.

[65] Quevedo A, Bussi J, Tancredi N, Fajardo-Díaz JL, López-Urías F, Muñoz-Sandoval E. Síntesis y caracterización de nanotubos de carbono dopados con nitrógeno por descomposición de bencilamina sobre Ni⁰/La₂Zr₂O₇. 5° Encuentro Nacional de Química, ENAQUI 5, 2017.

[66] Quevedo A, Bussi J, Tancredi N, Fajardo-Díaz JL, López-Urías F, Muñoz-Sandoval E. Synthesis and characterization of N-doped MWCNT by CCVD using a biphasic substrate: Ni/La₂Zr₂O₇. Carbon 2019, 2019. Aplicación, poster 360.

[67] Quevedo A, Bussi J, Tancredi N, Fajardo-Díaz JL, López-Urías F, Muñoz-Sandoval E. Caracterización de nanotubos de carbono dopados con N crecidos a partir del catalizador Ni/LZO a 900 °C. 6° Encuentro Nacional de Química, ENAQUI 6, 2019. Memorias, p. 215.

[68] De Vivo, J, Tancredi, N. Production of nanoscopic particles through the hydrothermal carbonization of *E. grandis* wood. Annual conference on Carbon, Carbon 2013, 2013.

[69] Jernelöv, A. Water Hyacinths in Africa and Asia. In: The long-term fate of invasive species: aliens forever or integrated immigrants with time? Springer 2017 p. 117-136.

[70] Coetzee, JA, Jones, RW, Hill, MP. Water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae), reduces benthic macroinvertebrate diversity in a protected subtropical lake in South Africa. Biodivers Conserv 2014; 23:1319–1330.

[71] Villamagna, AM, Murphy, BR. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. Freshw Biol 2010; 55:282–298.

[72] De Vivo, J., Tancredi, N., Amaya, A. Carbón activado a partir de frutos de *Platanus acerifolia* tratados hidrotérmicamente: producción y caracterización. 6° Encuentro Nacional de Química, ENAQUI 6 2019; p. 96.

[73] Cremer, T, Swe, T, De Vivo, J, Murach, D, Mund, JP. Scientific cooperation to face international challenges short rotation coppice development for the provision of firewood and hydrothermal carbonisation of water hyacinth for hydrochar production in Myanmar. Tropentag 2016, 2016.

[74] De Vivo, J, Cremer, T, Tancredi, N. Hydrochar from water hyacinth obtained in Myanmar's Inle Lake. HTP-Fachforum, 2017; p. 292-293.

[75] De Vivo, J, Tancredi, N, Cremer, T. Carbonización hidrotérmica de camalotes. 5° Encuentro Nacional de Química, ENAQUI 5 2017.