

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: 71065			
Título del proyecto: Síntesis de nanoestructuras fullerénicas multicapas, funcionalización y dopaje con boro para aplicaciones optoelectrónicas y catalíticas			
Facultad o Instituto Académico: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS			
Departamento o Escuela: DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Grupo (s) de investigación: SINTESIS Y MECANISMOS DE REACCIÓN (SIMERQO). GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍA DEL CARBÓN			
Entidades: UNIVERSIDAD DEL VALLE			
Palabras claves: NANOCEBOLLAS DE CARBONO, SUPERCAPACITANCIA, CARBON MINERAL, RECOCIDO TÉRMICO			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	MANUEL NOE CHAUR	10	10
Coinvestigadores	JUAN MANUEL BARRAZA	3	3
	LUZ MARINA JARAMILLO	3	3
	HECTOR FABIO ZULUAGA	3	3
Otros participantes			

2. Resumen ejecutivo:

El uso de materiales de carbono ha sido extremadamente popular en la fabricación de supercapacitores (SC), específicamente de capacitores electroquímicos de doble capa (EDLC por las siglas en inglés). Algunos factores que caracterizan a este tipo de material son su alta conductividad, alta área superficial, resistencia a la corrosión, estabilidad a la temperatura y su porosidad; siendo el carbón activado, carbón

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

templado, fullereno, grafeno y nanotubos de carbono los materiales más comunes para la construcción de SC. Se ha evidenciado que las nanocebollas de carbono (CNOs), fullerenos concéntricos multicapa, llegan a ser competitivos por su alta mesoporosidad, alta área superficial, buena conductividad eléctrica y estabilidad térmica y electroquímica. Una de las formas de preparar CNOs utiliza como precursor nanodiamantes de carbono, cuyo valor comercial oscila entre los USD 400-500 por lo tanto su producción se lleva en menor escala comparado a sus contrapartes alotrópicas. Por otro lado, se ha reportado que las propiedades intrínsecas de las CNOs son mejoradas a través de la funcionalización de la superficie externa de la nanopartícula, lo que puede incurrir a un aumento en la capacitancia específica del material. Algunas estructuras como el fullereno, anillos condensados y grupos que contengan nitrógeno o boro, pueden ser utilizados como propuesta para aumentar la supercapacitancia. Como objetivo general se plantea sintetizar nanoestructuras como las nanocebollas de carbono utilizando carbón mineral de tipo semiantracítico, con alto contenido de carbón fijo, además de funcionalizar las nanocebollas con estructuras que mejoren la interacción electrodo/electrolito. A través de recocido térmico a 1200, 1400 y 1600 °C se sintetizaron nanocebollas de carbono de aproximadamente 10 nm de diámetro y se funcionalizaron con estructuras pirénicas y fragmentos de lisina, cuyas propiedades electroquímicas se evalúan a través de voltamperometría cíclica. Igualmente, se diseñó un sensor electroquímico modificado con CNOs para la detección de un marcador de cáncer. Por otro lado, se adaptó el método de recocido térmico del carbón mineral observando resultados comparables entre temperaturas de 1200, 1400 y 1600 °C y un único producto tal como se observa en los termogramas. Aún se deben analizar por microscopía de transmisión electrónica de alta resolución los productos obtenidos.

Abstract: The use of carbon nanomaterials (CNm) has been quite popular in the production of supercapacitors (SC), specifically in electrochemical double layer capacitors (EDCL). The energy storage mechanism is based on the adsorption of electrolyte ions over the large specific surface area of electrically conductive porous electrodes. Therefore, properties such as high conductivity, high surface area, corrosion resistance, temperature stability and porosity, are considered particular characteristics for the development of these devices. Active and porous carbon, fullerene, graphene and carbon nanotubes are the most common material for research in energy storage. However, carbon nanonions (CNOs), multilayer concentric fullerenes discovered by Ugarte in 1992, are promising CNm because their intrinsic properties, with higher mesoporosity and surface area, in relevance. The mostly used for the synthesis of these nanoparticles are the annealing at high temperatures of carbon nanodiamonds, with commercial value around 400 – 500 USD. It has been reported these properties are enhanced with the functionalization of the outter surface of the nanoparticle, increasing specific capacitance of the nanomaterial. Some structures like fullerene, condensed rings and moieties with nitrogen or boron, can be used to increase supercapacitance. As a general objective, the synthesis of nanostructures as carbon nanonions using mineral

carbon semianthracitic, with high amount of fixed carbon is proposed. Also the functionalization with groups that improve the electrode/electrolyte interaction.

3. Síntesis del proyecto:

Recocido térmico de nanodiamantes de carbono y carbón tipo antracítico

El grupo de investigación de Tecnología del Carbón de la Escuela de Ingeniería Química, desarrolló este tema en conjunto con el estudiante de doctorado del departamento de química, contando con la participación de 5 estudiantes del pregrado en ingeniería química. Se utilizó un diseño experimental variando el tiempo de recocido entre 1 y 2 horas, utilizando como codificación 1h y 2h, respectivamente, a temperaturas de recocido de 1200, 1400 y 1600 °C, abreviando cada temperatura con las letras A, B y C, respectivamente, y el tipo de carbón teniendo en cuenta la concentración de carbón fijo obtenido de diferentes fuentes mineras. Como referencia se utiliza una modificación del método reportado por Kuznetsov y otros, para la obtención de CNOs a partir del recocido térmico de nanodiamantes, en atmósfera inerte de nitrógeno grado 5.0. Los experimentos con carbón mineral con bajo contenido de carbón fijo sufrían descomposición a las temperaturas de trabajo, dejando como resultado la obtención de cenizas producto del contenido mineral inicial del carbón. Por otro lado, el carbón llamado semiantracita 1 (SA-000) y el carbón proveniente de una mina en el departamento de Cundinamarca, Colombia (CD-000), no sufren descomposición, concluyendo que el alto contenido de carbón fijo, la baja materia volátil y cenizas, muestra resultados favorables en la obtención de nanoestructuras. Los espectros Raman de la figura 1 comparan la dependencia con el tiempo y la temperatura de recocido térmico para cada una de las muestras de carbón.

Puede observarse un cambio en la estructura debido a un aumento en la banda D alrededor de 1340 cm^{-1} , en donde es mucho más intensa para el carbón proveniente de Cundinamarca cuando el tratamiento se realiza a la temperatura más alta. De la misma forma, la aparición de la banda 2D alrededor de 2600 cm^{-1} , puede explicarse por la formación de capas intercaladas de capas de carbono. Es relevante darse cuenta de que cuando se somete el material carbónico a altas temperaturas las bandas D y G son menos amplias respecto al material de partida, concluyendo que el material es más homogéneo y por tanto, es posible encontrar una estructura relevante. Es necesario evaluar procesos de purificación o separación en el material producto a través lavados con solventes polares y apolares, o de un proceso de oxidación del material amorfo más fuerte como implementar mayor tiempo de oxidación en aire a 400 °C o utilizar peróxido de hidrógeno.

La figura 2 muestra el análisis termogravimétrico de las muestras sin y con tratamiento, así mismo como de nanocebollas de carbono obtenidas por recocido de nanodiamantes. Las nanocebollas de carbono muestran una temperatura de descomposición de 719 °C, temperatura similar a las reportadas por varios autores. A

través del tratamiento de las muestras se evidencia un cambio en la temperatura de descomposición influenciado por el tratamiento, por el cual SA-000 cambia de 539 °C a 727 °C, y CD-000 cambia desde una temperatura de 489 °C a 682 °C

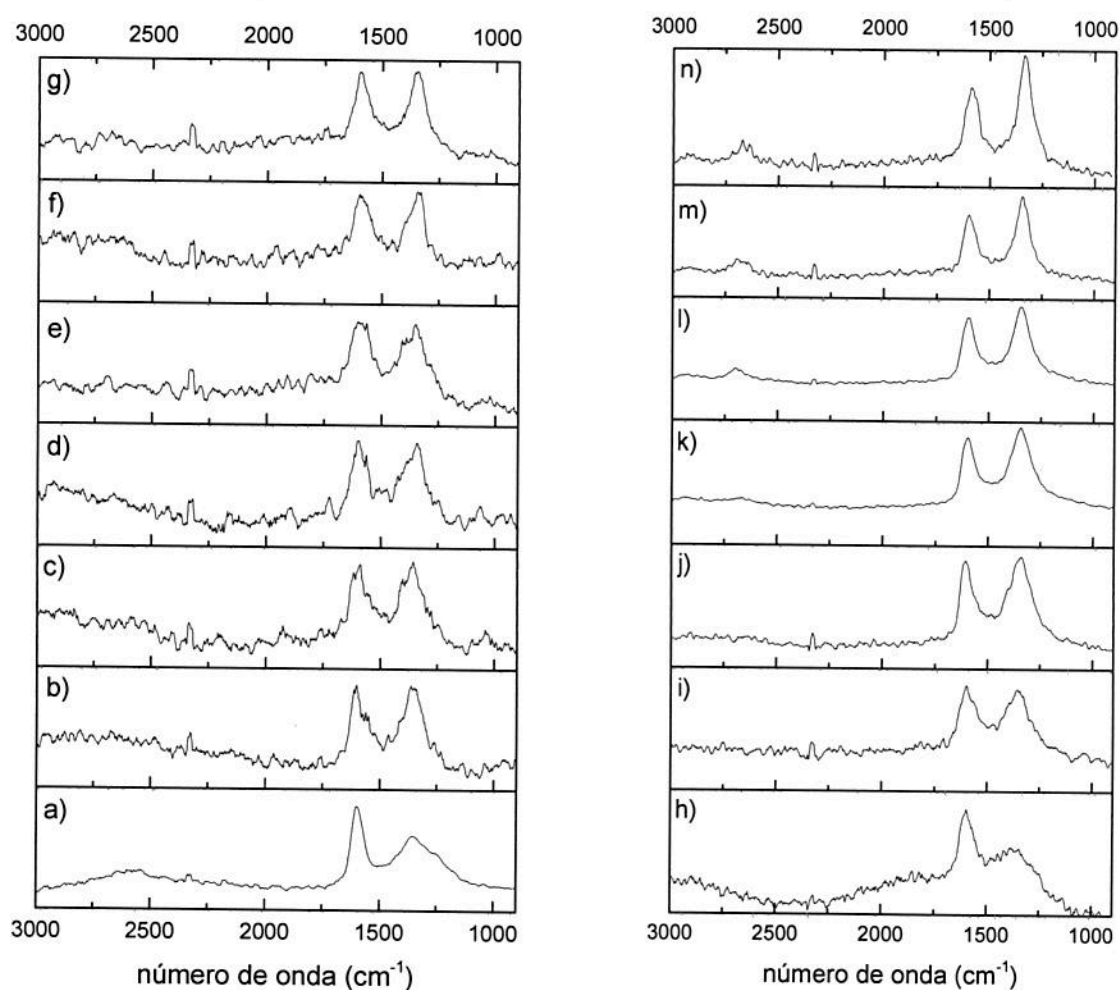


Figura 1. Espectros Raman de las muestras sin tratamiento a) SA-000 y h) CD-000 y después del recocido térmico b) SA-A1h c) SA-A2h d) SA-B1h e) SA-B2h f) SA-C1h g) SA-C2h i) CD-A1h j) CD-A2h k) CD-B1h l) CD-B2h m) CD-C1h n) CD-C2h

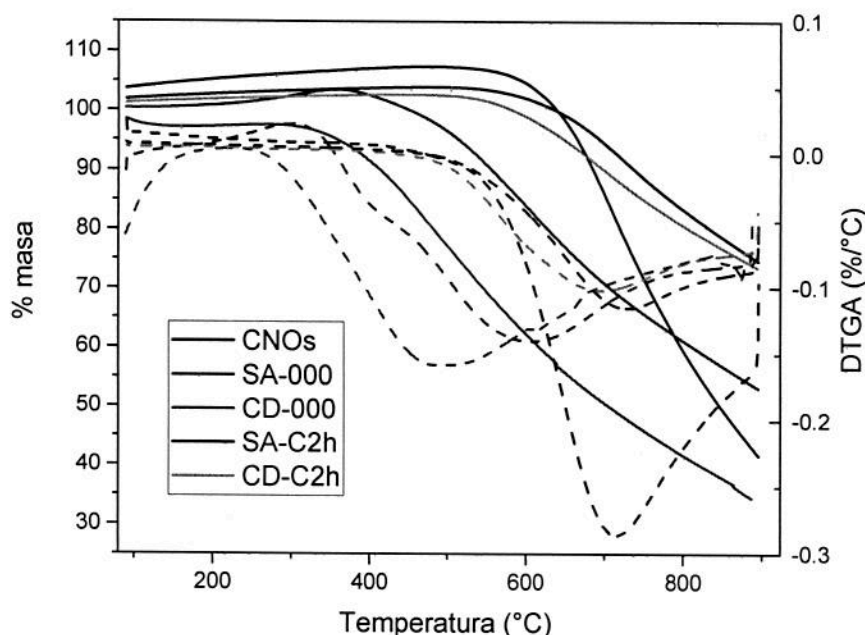


Figura 2. Análisis termogravimétrico de las muestras sin y con tratamiento (líneas continuas) y derivada del análisis TGA (líneas discontinuas)

Funcionalización de nanocarbón de carbono con fragmentos de L-lisina

Este tema fue desarrollado en el laboratorio del grupo SIMERQO para la culminación de un estudiante de pregrado de la Escuela de Ingeniería Química. El objetivo de este tema compara el método de funcionalización de las nanoestructuras a través de dos mecanismos: i) la oxidación previa de las nanocarbón seguida de una amidación de la L-lisina ii) formación de la sal de diazonio alifática de la L-lisina seguida del ataque del carbocatión en la esfera carbónica. A través de la medida de la capacitancia específica se evalúa la viabilidad del mecanismo, teniendo en cuenta su aplicación como material supercapacitivo.

Funcionalización con L-lisina (lys-CNO)

Se realiza una dispersión de 30 mg de ox-CNO en 3 mL de SOCl_2 con reflujo, durante 2 h a 60 °C y una atmósfera de nitrógeno. Posteriormente, se prepara una solución saturada 1M de L-lisina en 10 mL de THF, utilizando TEA como base para llevar la mezcla a un pH 10 asegurándose que la funcionalización ocurra en el grupo α -amino del aminoácido. Finalmente, se agregan las ox-CNOs. La reacción se deja por tres días bajo reflujo, baño de aceite y atmósfera inerte. Se realizan lavados con agua, metanol y

etanol, y se secan al vacío a 60 °C durante 8 horas, obteniendo lys-CNOs.

Funcionalización con L-lisina por formación de sales de diazonio. (slys-CNO)

21.74 mmol de NaNO_2 se disolvieron en 10 mL de agua desionizada, se agregaron 8.71 mmol de ácido p-toluensulfónico (p-TsOH) y se agitaron por 30 min manteniendo una temperatura de 0 °C. Posteriormente, 6.84 mmol de L-lisina se disolvieron en 10 mL de agua y se agregó TEA hasta llevar la solución a pH 10, para después agregarle 20 mg de nanocebollas pristinas. Posteriormente se mezclan las soluciones y se agitan durante 4h a 0 °C, y por 1 un día a temperatura ambiente. Se hacen lavados con metanol, agua, y éter, para luego secar al vacío a 60 °C durante 8 horas, obteniendo slys-CNOs.

Caracterización y electroquímica

Cada muestra fue analizada en un Espectrómetro Raman Thermo Scientific, modelo DXR Smart Raman con un láser de 532 nm. La temperatura de estabilidad y la funcionalización de las muestras se determinó a través de un TGA/DSC marca Mettler Toledo, en un rango de 100 a 900 °C con una rata de 10 °C/min en aire. La Espectroscopia de infrarrojo ATR-FTIR se hizo en un Shimatzu –ATR-FTIR IR Afinity-1 en modo de transmitancia en un rango de 600-4000 cm^{-1} . El análisis elemental se realizó en un Microanalizador elemental CHNS, con sistema de detección de Micro TruSpec de LECO.

Por otra parte, la caracterización electroquímica se realizó con un potenciostato Autolab PGSTAT204 empleando el software Nova 1.11 y una celda de vidrio de tres electrodos. Se utiliza un alambre de platino como contraelectrodo, un electrodo de referencia Ag/AgCl (NaCl sat), un electrodo de trabajo de carbono vítreo y sulfato de sodio 1.0 M como electrolito. En la superficie del carbono vítreo se añaden unas gotas de una dispersión en metanol con la muestra y se deja secar al ambiente. Se realizaron las mediciones a velocidades de barrido de 20, 30, 40, 50, 100, 200 y 500 mV/s en una ventana de 200 a 400 mV.

Los espectros IR de la Fig. 3, permitieron determinar de manera cualitativa la aparición de grupos funcionales a lo largo de la ruta de síntesis propuesta. Inicialmente la flexión del C-O-H, presente en las ox-CNO está entre los 930 y 980 cm^{-1} , las vibraciones de tensión C-O a 1294 cm^{-1} , el estiramiento del carbonilo C=O en 1700 cm^{-1} y la deformación en el plano de O-H a 1350 cm^{-1} .

Por otra parte, la banda de tensión simétrica y asimétrica C-H relacionada con la funcionalización de las lys-CNOs y slys-CNOs, que hace referencia a la cadena carbonada de enlaces sp^3 de la L-lisina, se encuentra a 2900 cm^{-1} . Adicionalmente está presente la tensión de N-H (simétrica y asimétrica) entre 3300-3500 cm^{-1} de las slys-CNO y la tensión de la lys-CNO en 3180-3350, sumado a la flexión N-H entre 1560-

1640.

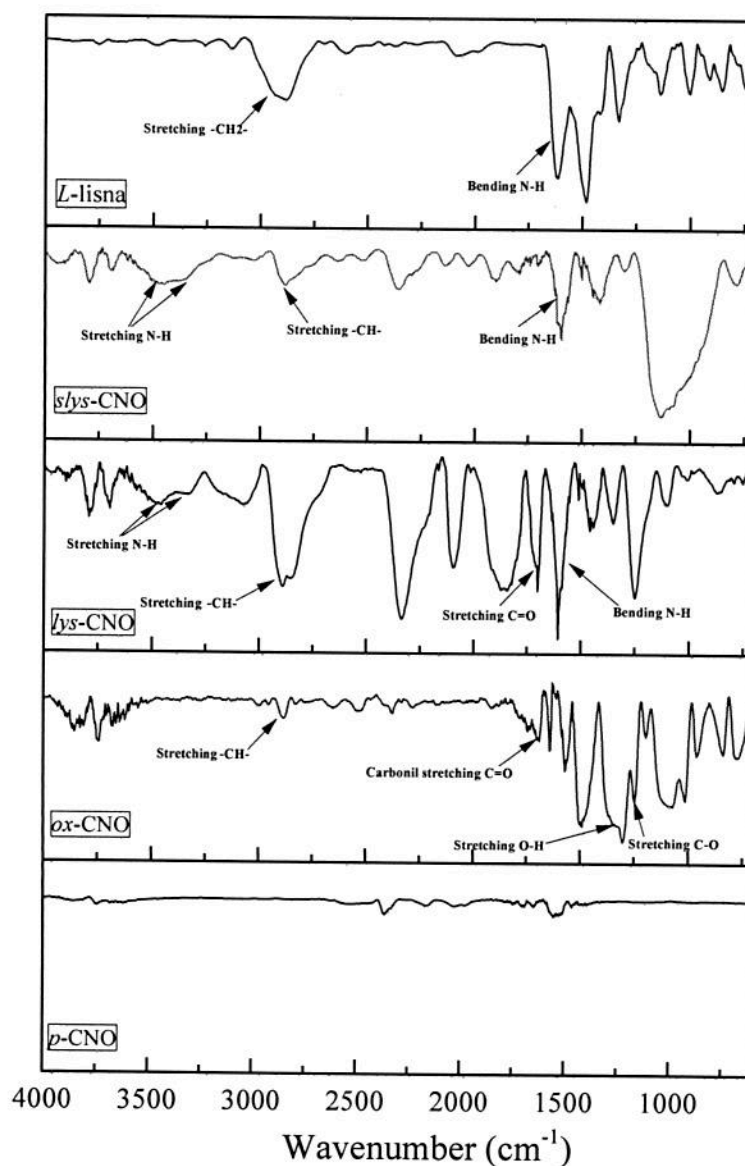


Figura 3. Espectro FTIR-IR de *p*-CNO - *ox*-CON - *lys*-CON - *s/lys*-CNO y L-lisina

Los ciclovoltamperogramas de los nanomateriales muestran perfiles pseudorectangulares, característicos de materiales capacitivos no faradáicos de doble capa (EDCL).^{16 17} A partir de estos voltamperogramas (ver Figura 4), es posible calcular la capacitancia específica del electrodo de la siguiente manera¹⁸:

$$I_s = C_s V m$$

Ecuación 1.

Donde i_c es la corriente capacitiva, V es la velocidad de barrido y m es la masa del material depositado en el electrodo. Dado a que existe una relación lineal entre la corriente de pico y la velocidad de barrido, se puede estimar la capacitancia específica realizando una regresión lineal entre estas variables. Hay una variabilidad mínima de corriente para cada velocidad de barrido, que representa estabilidad de carga a lo largo tiempo en comparación con los pseudocapacitores, que se rigen bajo reacciones de reducción-oxidación.¹⁹

Como se puede observar en la Figura 5 el valor de la pendiente en la regresión lineal representa la capacitancia para cada alótropo, donde se puede notar el efecto de la oxidación sobre la nanocébolla, con una caída de capacitancia del 60,9 % con relación a las *p*-CNOs, debido a la pérdida de capas en la oxidación que reducen los poros interclusters de la nanocébolla. Esta pérdida disminuye su capacidad electrostática, a tal punto, que no se presenta un incremento considerable una vez se realiza la amidación. Por otra parte, las *slys*-CNO presentan un aumento del 26,4 % en relación con las *p*-CNO, logrando funcionalizar la nanocébolla con un grupo funcional como la L-lisina, que aumentara el almacenamiento de carga y evitara el uso de oxidación en las etapas de creación de la molécula. De igual manera las capacitancias específicas disminuyeron a medida que las velocidades de exploración aumentaban debido a un límite en la velocidad de difusión de iones en el electrolito.²⁰

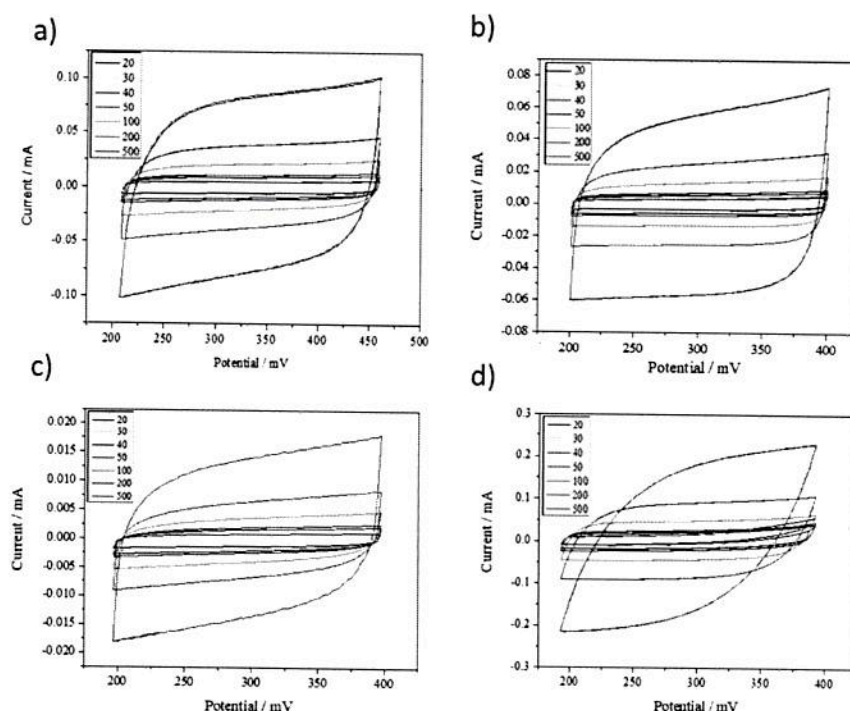


Figura 4. Ciclo voltamperogramas evaluados a 20-30-40-50-100-200-500- mV s^{-1} en Na_2SO_4 1M. a) *p*-CNOs. b) *ox*-CNOs. c) *lys*-CNOs. d) *slys*-CNOs.

De esta manera, la capacitancia específica para *p*-CNOs, *ox*-CNOs, *lys*-CNOs y *slys*-CNOs es de 9.73, 3.80, 1.72 y 13.22 F/g.

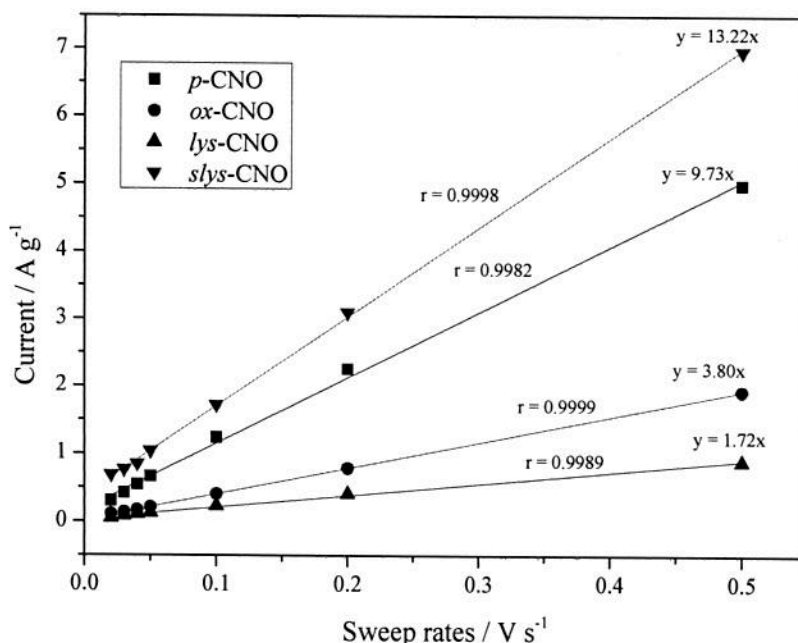


Figura 5. Dependencia de la corriente capacitiva con respecto a la velocidad de barrido a 20, 30, 40, 50, 100, 200 y 500 mV en Na_2SO_4 1.0 M.

Funcionalización de nanocébollas de carbono con fragmentos pirénicos

Este tema fue desarrollado en el laboratorio del grupo SIMERQO como parte de trabajo del estudiante de doctorado. El objetivo de este tema es determinar si los anillos condensados cambian las interacciones entre las nanoestructuras que favorecen la formación de poros intra e interclusters, y por tanto se genere un aumento de la capacitancia específica.

Se realizó una oxidación de 40 mg de *p*-CNOs a través de una mezcla de $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ (1:3) de 15 mL en reflujo a 80 °C por 1 hora. Se neutraliza con NaOH 1M y se realizan lavados con agua y metanol a través de centrifugación. 20 mg de nanocébollas oxidadas (*ox*-CNOs) son dispersadas en cloroformo por 10 min y se hacen reaccionar con 500 mg de 4-(piren-4-il)butanohidrazida, previamente disuelto en cloroformo y con 500 μL de TEA usado como base en el proceso de amidación. Esta reacción se realizó en reflujo a 80 °C por 5 días, para luego realizar lavados del producto (*pir*-CNOs) con cloroformo, metanol y agua, y se deja secar durante 24 horas en un horno al vacío a 60 °C.

La oxidación de las *p*-CNOs muestra mejor dispersión en agua de las nanopartículas, y sugiere la presencia de grupos carboxílicos en la superficie del material. Por otra parte, las dispersiones de *pir*-CNOs en agua son estables hasta por dos semanas, generando expectativas en su aplicación como material de los electrodos en el supercapacitor teniendo en cuenta que la homogeneidad es un factor importante en la construcción de estos dispositivos.

El espectro IR de la figura 6 muestra la aparición de unas bandas fuertes a 1127 y 1350 cm^{-1} por las vibraciones de tensión C-O y deformación en el plano de O-H en las ox-CNOs. Para el espectro IR de *pir*-CNOs, la presencia de las bandas de tensión C=O y N-H a 1636 y 3314 cm^{-1} respectivamente, provee una confirmación de la presencia de la estructura pirénica en la superficie de la nanopartícula. Se observan otras bandas de menor intensidad entre 2800 y 2940 cm^{-1} correspondientes a bandas de tensión simétrica y asimétrica de C-H.

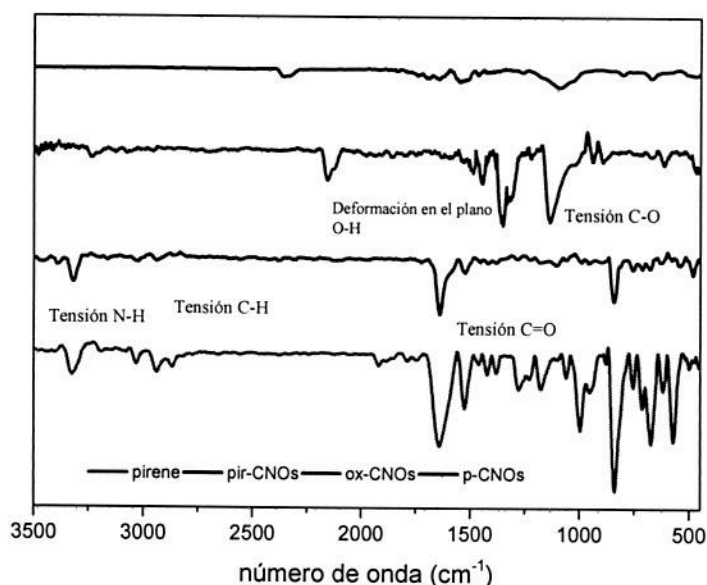


Figura 6. Espectro FT-IR de nanocebollas funcionalizadas y no funcionalizadas y de la estructura pirénica

Los voltamperogramas cíclicos de los nanomateriales muestran perfiles pseudorectangulares, característicos de materiales capacitivos no faradáicos.

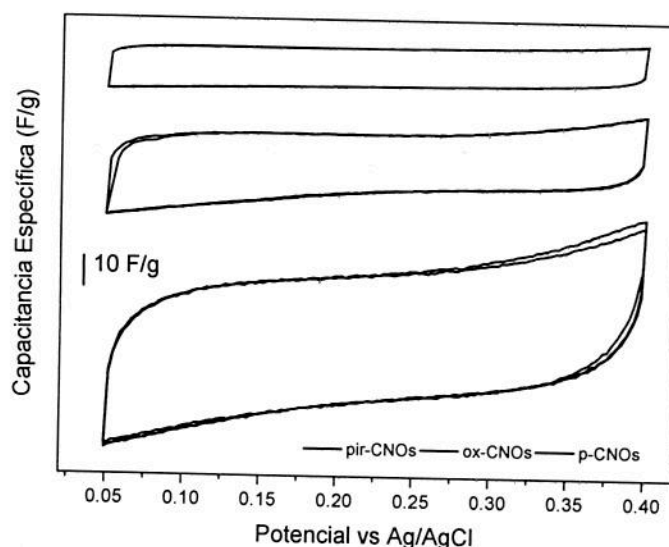


Figura 8. Voltamperogramas cíclicos de carbon vítreo cubiertos con el nanomaterial en Na_2SO_4 (1M) a un voltaje de barrido de 40 mV/s

Utilizando la ecuación 1

$$C_s = \frac{\int_{E_1}^{E_2} i(E) dE}{2vm(E_2 - E_1)} \quad \text{Ec. 1}$$

es posible determinar la capacitancia específica, la cual es proporcional al área en la curva CV, donde v es la velocidad de barrido, $\int_{E_1}^{E_2} i(E) dE$ es la carga total obtenida por la integración de la corriente instantánea con un barrido desde el potencial positivo hasta el potencial negativo, E_2 y E_1 son los potenciales de la ventana electroquímica y m es la masa. La figura 4 muestra que la oxidación disminuye la capacitancia debido a cambios o daños estructurales en la superficie de carbono, y como consecuencia a una disminución de la conductividad. Sin embargo, la funcionalización con grupos pirénicos produce un aumento en la capacitancia reflejado por una mayor área en la CV, y puede estar asociado a la formación de estructuras porosas debido a las aglomeraciones organizadas en el electrodo de carbón vítreo.^{10,11} La tabla 1 reporta capacitancias específicas de 2.54, 8.53 y 14.09 F/g para ox-CNOs, p-CNOs y pir-CNOs, respectivamente a una velocidad de barrido de 30 mV/s.

Tabla 1. Capacitancias específicas de los nanomateriales a partir de voltamperometría cíclica

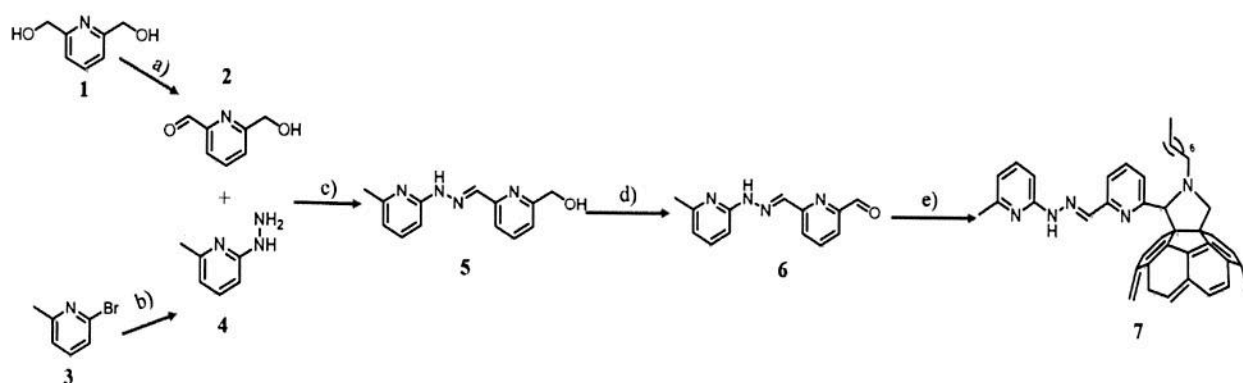
Nanomaterial	Capacitancia Especifica Ec.1 (F/g)
--------------	---------------------------------------

<i>p</i> -CNOs	8.53
<i>ox</i> -CNOs	2.54
<i>pir</i> -CNOs	14.09

Síntesis del derivado de fullereno N-octil-2-((E)-6'-(2'-piridincarbaldéhid-2'')-piridin-6'-metil-hidrazona)-3,4-fulleropirro-lidina

Este tema fue desarrollado en el laboratorio del grupo SIMERQO para la culminación de un estudiante de pregrado de química. Recientemente, nuestro grupo de investigación ha reportado la síntesis de una fulleropirrolidina que contiene el grupo funcional hidrazona en su estructura, sin embargo, la baja solubilidad de esta molécula en solventes orgánicos comunes, impidió el estudio de sus propiedades fotofísicas y electroquímicas. Por lo tanto, en este trabajo se llevó a cabo, la síntesis de una fulleropirrolidina hidrazónica altamente soluble en diferentes solventes orgánicos, la cual integra las propiedades fotofísicas y electroquímicas asociadas al fullereno-C₆₀ y las propiedades previamente descritas de las hidrazonas.

Para la obtención de la fulleropirrolidina 7, se siguió una ruta sintética de 5 pasos presentada en el Esquema 1



Esquema 1. Síntesis de la fulleropirrolidina hidrazónica 5 a) MnO₂, CHCl₃, t.a, 45% b) Hidrazina monohidratada, 110 °C, 65%; c) Etanol, reflujo, 85%; d) MnO₂, CHCl₃, t.a, 50%; e) C₆₀, N-Octilglicina, Tolueno, reflujo, 35%.

Las propiedades electroquímicas del aducto, la hidrazona y el [60]fullereno se analizaron a través de voltamperometría cíclica y Osteryoung de onda cuadrada en Tetrahidrofurano (THF) a temperatura ambiente, usando como electrolito soporte hexafluorofosfato de tetrabutilamonio (TBAPF₆), finalmente los potenciales son referenciados respecto al par redox ferroceno/ferricinio⁺ (Fc/Fc⁺).

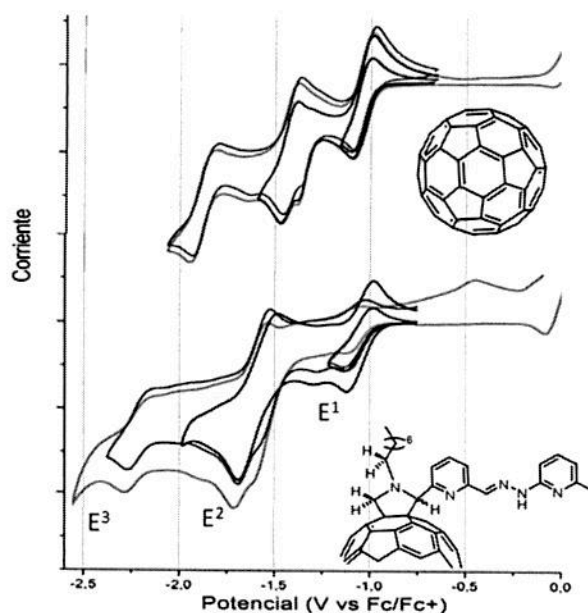


Figura 9. Voltamperograma cíclico [60]fullereno y fulleropirrolidina **7** en THF 0.1 M TBAPF₆ usando ferroceno como estándar interno, velocidad de barrido 100 mV s⁻¹

Tabla 2. Potenciales reducción hidrazona **6**, [60]fullereno y la fulleropirrolidina **7** versus ferroceno en THF (V).

	E ¹ _{1/2Red}	E ¹ _{1/2Red}	E ¹ _{1/2Red}	E ¹ _{1/2Red}
C ₆₀	-1.04	-1.44	-1.89	-2.35
	E ¹	E ²	E ³	
6	-1.78	-2.29	-2.64	
7	-1.11	-1.70	-2.28	

A partir de los voltamperogramas cíclicos se determinaron los potenciales de reducción para el [60]fullereno (Tabla 1) y las diferencias de potenciales de pico para los tres procesos reductivos de la fulleropirrolidina (E¹, E², E³), las cuales son 142, 207 y 122 mV respectivamente, comparándolas con la diferencia del par Fc/Fc⁺ (140 mV) estos corresponderían a procesos cuasirreversibles.

De esta manera, la funcionalización de nanocebollas con estos fragmentos fullerénicos, investigación que se está llevando a cabo en conjunto con la Universidad de Texas en El Paso y con la Universidad de Erlangen-Nürnberg, puede abrir camino a nuevos campos del conocimiento, realizando un análisis de las propiedades electroactivas del fullereno.

4. Impactos actual o potencial:

Este proyecto ha permitido desarrollar el trabajo investigativo para optar al título de pregrado de químico e ingeniero químico de una totalidad 7 estudiantes; investigación por parte de estudiante de maestría; parte del proyecto doctoral de un estudiante de doctorado en Ciencias-Química; ejecución de investigación por parte de un joven investigador.

A través del proyecto se realizaron cuatro divulgaciones: tres a nivel nacional mediante la modalidad de póster, uno a nivel nacional en la modalidad de ponencia oral, uno a nivel internacional en la modalidad de póster y uno a nivel internacional en modalidad de ponencia oral.

A través del resultado del proyecto se está trabajando en nuevas investigaciones en cooperación con la Universidad de Estrasburgo, en Francia, para la utilización de la funcionalización de nanocebollas de carbono como sistema de anclaje para el estudio de la cinética de switches moleculares, como las bishidrazonas. Por otro lado, el estudiante de doctorado participó en una estancia de investigación en cooperación con la Universidad de Texas en El Paso, por el cual se realizaron diferentes funcionalizaciones de nanocebollas de carbono con fragmentos fullerénicos.

5. Productos:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
	0	2	0	0	0	0	0	0
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
	0	0	0	0	2	0	0	0
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	0				0			
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	0				0			
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados	0				0			
• Prototipos y patentes	0				0			
• Software	0				0			
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	0				0			
Normas basadas en resultados de investigación	0				0			
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados		No. de tesis		No. De estudiantes vinculados		No. De tesis	
Estudiantes de pregrado	2		2		7		4	
Semillero de Investigación	2		0		2		0	

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Estudiantes de maestría	1	1	1	0
Estudiantes de doctorado	1	0	1	0
Joven investigador	0	0	1	0
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas	0		0	0
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
Ponencias en eventos	1	1	4	2
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		2	

Tabla No. 2. Detalle de productos en orden cronológico

Tipo de producto:	Presentación tipo póster nacional – Sexta Escuela NanoAndes
Nombre General:	Synthesis, Functionalization and Characterization of CARBON NANO-ONIONS for the development of supercapacitors
Nombre Particular:	Synthesis, Functionalization and Characterization of CARBON NANO-ONIONS for the development of supercapacitors
Ciudad y fechas:	Cali, noviembre 07 de 2016
Participantes:	José Daniel Velásquez
Sitio de información:	Comité organizador Escuela NanoAndes – Universidad del Valle
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Tesis
Nombre General:	Design, synthesis and electrochemical studies of a new pyrrolidino[60]fullerene as precursor for the construction of supramolecular systems
Nombre Particular:	Design, synthesis and electrochemical studies of a new pyrrolidino[60]fullerene as precursor for the construction of supramolecular systems
Ciudad y fechas:	Cali, 27 de septiembre de 2017
Participantes:	Gabriel Santiago Martínez
Sitio de información:	Biblioteca Central Mario Carvajal
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Presentación tipo póster nacional – VII SIMPOSIO DE QUÍMICA UNIVALLE
Nombre General:	Funcionalización de nanoestructuras fullerenicas multicapa con L-lisina, para su aplicación en supercapacitores
Nombre Particular:	Funcionalización de nanoestructuras fullerenicas multicapa con L-lisina, para su aplicación en supercapacitores
Ciudad y fechas:	Cali, 30 de octubre de 2017
Participantes:	Juan Camilo Rubio, José Daniel Velásquez, Manuel Chaur
Sitio de información:	Libro de memorias – Departamento de química, Universidad del Valle
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Presentación tipo póster nacional – VII SIMPOSIO DE QUÍMICA UNIVALLE
Nombre General:	Síntesis del derivado de fullereno <i>N</i> -octil-2-((<i>E</i>)-6'-(2'-piridincarbaldhido-2''-piridin-6'-metilhidrazona)-3,4-fulleropirrolidina como precursor para la construcción de sistemas supramoleculares

Nombre Particular:	Síntesis del derivado de fullereno <i>N</i> -octil-2-((<i>E</i>)-6'-(2'-piridincarbaldhido-2''-piridin-6'-metilhidrazona)-3,4-fulleropirrolidina como precursor para la construcción de sistemas supramoleculares
Ciudad y fechas:	Cali, 30 de octubre de 2017
Participantes:	Gabriel Santiago Martínez, Manuel Chaur
Sitio de información:	Libro de memorias – Departamento de química, Universidad del Valle
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Presentación tipo póster internacional – Next Generation Solar Energy 4th International Congress
Nombre General:	"Design, Synthesis and electrochemical studies of a new pyrrolidino[60]fullerene as precursor for the construction of Supramolecular Systems"
Nombre Particular:	"Design, Synthesis and electrochemical studies of a new pyrrolidino[60]fullerene as precursor for the construction of Supramolecular Systems"
Ciudad y fechas:	Cali, 05 de diciembre de 2017
Participantes:	Gabriel Santiago Martínez, Manuel Chaur
Sitio de información:	Libro de memorias – Organizing committee of the 4th International Congress Next Generation Solar Energy
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Presentación tipo presentación oral internacional – Next Generation Solar Energy 4th International Congress
Nombre General:	"Functionalization of carbon nanotubes with perylene moieties for possible applications in supercapacitors and transporting layers"
Nombre Particular:	"Functionalization of carbon nanotubes with perylene moieties for possible applications in supercapacitors and transporting layers"
Ciudad y fechas:	Cali, 05 de diciembre de 2017
Participantes:	José Daniel Velásquez, Manuel Chaur

Sitio de información:	Libro de memorias – Organizing committee of the 4th International Congress Next Generation Solar Energy
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Propuesta de investigación a Colciencias
Nombre General:	806 - Convocatoria de movilidad académica con Europa
Nombre Particular:	Estudio de la dinámica de interruptores moleculares orgánicos mediante microscopia electrónica in situ
Ciudad y fechas:	Cali, 04 de mayo 2018
Participantes:	José Daniel Velásquez, Manuel Chaur, Nathaly Ortiz, Ovidiu Ersen
Sitio de información:	Colciencias
Formas organizativas:	SIMERQO - Institut de Physique et Chimie de Materiaux de Strasbourg

Tipo de producto:	Estancia de Investigación
Nombre General:	Summer Intership Program – University of Texas at El Paso
Nombre Particular:	Summer work in Carbon Nanomaterials Research Center
Ciudad y fechas:	El Paso, TX, 28 de mayo 2018
Participantes:	José Daniel Velásquez
Sitio de información:	UTEP – Carbon Nanomaterials Research Center
Formas organizativas:	SIMERQO – Luis Echegoyen's Lab

Tipo de producto:	Joven investigador Colciencias
-------------------	--------------------------------

Nombre General:	Jóvenes investigadores para la paz
Nombre Particular:	Síntesis de derivados Imino-quitosano para adsorción de metales pesados
Ciudad y fechas:	Cali,
Participantes:	Juan David Villada Morales
Sitio de información:	Colciencias
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Tesis
Nombre General:	Factibilidad técnica de obtención de nanocebollas de carbono a partir de carbones colombianos
Nombre Particular:	Factibilidad técnica de obtención de nanocebollas de carbono a partir de carbones colombianos
Ciudad y fechas:	Cali, 26 de septiembre 2018
Participantes:	Juan Manuel Trujillo, Carlos Humberto Murillo
Sitio de información:	Biblioteca Central Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Tecnología del Carbón

Tipo de producto:	Tesis
Nombre General:	Síntesis de Nanocebollas mediante tratamiento térmico a partir de un carbón de Cundinamarca
Nombre Particular:	Síntesis de Nanocebollas mediante tratamiento térmico a partir de un carbón de cundinamarca
Ciudad y fechas:	Cali, 26 de septiembre 2018
Participantes:	Paul Darío Conde, José Fernando Noreña

Sitio de información:	Biblioteca Central Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Tecnología del Carbón

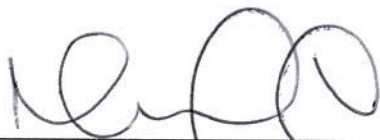
Tipo de producto:	Tesis
Nombre General:	Funcionalización de nanoestructuras multicapas fullerenicas con L-lisina para su aplicación en supercapacitores
Nombre Particular:	Funcionalización de nanoestructuras multicapas fullerenicas con L-lisina para su aplicación en supercapacitores
Ciudad y fechas:	Cali, 01 de octubre 2018
Participantes:	Juan Camilo Rubio
Sitio de información:	Biblioteca Central Mario Carvajal
Formas organizativas:	SIMERQO

Tipo de producto:	Presentación tipo presentación oral nacional – 3er. Taller Latinoamericano de Materiales de Carbono (TLMC-3)
Nombre General:	Factibilidad de Síntesis de nanocebollas a partir de carbones sub-bituminoso y semiantracítico
Nombre Particular:	Factibilidad de síntesis de nanocebollas a partir de carbones sub-bituminoso y semiantracítico
Ciudad y fechas:	Cali, 28 de noviembre 2018
Participantes:	Juan Manuel Barraza
Sitio de información:	Comité Organizador TLMC-3, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Tecnología del Carbón

Tipo de producto:	Artículo sometido a la revista "Materials Science and Engineering: C". Revista tipo A1 según Publindex
Nombre General:	Screen-printed interdigitated electrodes modified with nanostructured carbon nano-onion films for detecting the cancer biomarker CA19-9
Nombre Particular:	Screen-printed interdigitated electrodes modified with nanostructured carbon nano-onion films for detecting the cancer biomarker CA19-9
Ciudad y fechas:	Sao Carlos, 28 de septiembre 2018
Participantes:	Manuel N Chaur
Sitio de información:	Materials Science and Engineering: C
Formas organizativas:	Universidad de Sao Pablo: Instituto de Física de Sao Carlos

Tipo de producto:	Artículo sometido a la revista "Nanotechnology". Revista tipo A1 según Publindex
Nombre General:	Functionalization of Multilayer Fullerenic Nanostructures with L-lysine for Supercapacitor Applications
Nombre Particular:	Functionalization of Multilayer Fullerenic Nanostructures with L-lysine for Supercapacitor Applications
Ciudad y fechas:	Sao Carlos, 28 de septiembre 2018
Participantes:	Manuel N Chaur
Sitio de información:	Materials Science and Engineering: C
Formas organizativas:	Universidad de Sao Pablo: Instituto de Física de Sao Carlos

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:



Firma del investigador principal



VoBo. Vicedecano de Investigaciones