

RESOLUCIÓN NÚMERO

1304

DE

30 SEP 2024

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

**LA DIRECTORA DE BOSQUES, BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS**

En ejercicio de sus facultades legales y especialmente las conferidas en el numeral 14, del artículo 16 del Decreto Ley 3570 de 2011 y la Resolución 1756 de 2022, y

CONSIDERANDO:

ANTECEDENTES

Que la Universidad Pontificia Bolivariana con NIT 890.902.922-6, mediante radicado No. E1-2021-17456 del 24 de mayo de 2020, presentó solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 para el proyecto de investigación titulado: *"Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía"*.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado No. E1-2021-23685 del 13 de julio de 2020, dio alcance al radicado E1-2021-17456 del 24 de mayo de 2020, remitiendo información faltante para completar la solicitud.

Que la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 2103-2-3205 del 27 de septiembre del 2021, requirió a la Universidad Pontificia Bolivariana aclarar algunos aspectos de la solicitud presentada, entre los cuales se incluye la fecha de inicio de actividades y los documentos del representante legal.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado No. E1-2021-43552 del 13 de diciembre de 2021 dio respuesta a los requerimientos realizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del radicado 2103-2-3205 del 27 de septiembre del 2021, aportando lo solicitado.

Que la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 2103-E2-2022-00196 del 27 de enero de 2022, solicitó nuevamente a la Pontificia Universidad Bolivariana aclarar la fecha de inicio de actividades y aclarar la función de La Universidad Queen Mary de Londres (QMUL), entre otros aspectos de la solicitud.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado No. E1-2022-08634 del 13 de marzo de 2022 dio respuesta a los requerimientos realizados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del radicado 2103-2-3205 del 27 de enero de 2022, aportando lo solicitado.

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Que la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 2103-E2-2022-02197 del 28 de abril 2022, citó a reunión a la Universidad Pontificia Bolivariana, para aclarar la respuesta a los requerimientos remitidos mediante radicado E1-2022-08634 del 13 de marzo de 2022; la cual se realizó el día 11 de mayo de 2022 a través de la plataforma Microsoft Teams.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado No. 2022E1022059 del 28 de junio de 2022 remitió a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la respuesta a los compromisos pactados en la reunión realizada.

Que la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 21032022E2002641 del 5 de agosto de 2022, solicitó a la Universidad Pontificia Bolivariana ampliar la metodología realizada desde antes del año 2013 y hasta el año 2020.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado 2022E1034910 del 16 de septiembre de 2022, dio respuesta a los requerimientos realizados por la Dirección de Bosques Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 21032022E2002641 del 5 de agosto de 2022, aportando lo solicitado.

La Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 21032022E2020537 del 5 de diciembre de 2022, solicitó a la Universidad Pontificia Bolivariana aclarar los objetivos específicos incluyendo las actividades realizadas desde antes de 2013 y el proveedor del recurso biológico.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado No. 2022E1048564 del 13 de diciembre de 2022, dio respuesta a los requerimientos realizados por la Dirección de Bosques Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 221032022E2020537 del 5 de diciembre de 2022, aportando lo solicitado.

Qu la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 21032022E2023405 del 22 de diciembre de 2022, solicitó a la Universidad Pontificia Bolivariana aclarar los objetivos específicos y la metodología asociados a estos.

Que la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante radicado No. 21032023E2036736 del 2 de noviembre de 2023, reiteró a la Universidad Pontifica Bolivariana los requerimientos realizados mediante radicado No. 21032022E2023405 del 22 de diciembre de 2022 e informó el último plazo para dar respuesta.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, mediante radicado No. 2023E1056762 del 30 de noviembre de 2023, dio respuesta a los requerimientos realizados por la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de radicado No. 221032022E2020537 del 5 de diciembre de 2022, aportando lo solicitado.

La Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible del Ministerio de Ambiente y Desarrollo

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Sostenible expidió el Auto No. 142 del 18 de junio de 2024 por el cual se admitió la solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados para amparar las actividades de acceso a los recursos genéticos y a sus productos derivados realizadas en desarrollo del proyecto titulado: "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía".

Que en el Auto No. 142 de 2024 la Dirección de Bosques Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ordenó a la Universidad Pontificia Bolivariana la publicación de un extracto de la solicitud en un medio de comunicación o el portal web de la Universidad o de su Institución Nacional de Apoyo.

Que la Universidad Pontificia Bolivariana, actuando de conformidad con lo ordenado mediante Auto No. 142 del 18 de junio de 2024, realizó la correspondiente publicación del extracto de la solicitud, allegando copia de la referida publicación a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de oficio con radicado No. 2024E11032848 del 3 julio de 2024.

Que en cumplimiento de lo previsto en el artículo 29 de la Decisión Andina 391 de 1996 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena y las competencias asignadas por el Decreto 3570 de 2011 a la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, emitió Dictamen Técnico Legal No. 362 del 20 de septiembre de 2024, mediante el cual se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

"(...)

1. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS DE LA SOLICITUD DE ACCESO

1.1 Justificación.

*Colombia es uno de los países "megadiversos" del mundo y alberga cerca del 10% de la biodiversidad del planeta. Por tanto, la bioeconomía es un campo con un gran potencial de actividades económicas, impulsado principalmente por nuevos descubrimientos en las ciencias biológicas. El último Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2017) identificó una estrategia de crecimiento económico donde los recursos biológicos y la biomasa residual deben ser gestionados de manera eficiente y renovable para generar nuevos productos, procesos y servicios con valor agregado, como nuevas palancas para el desarrollo. Nuestro proyecto tiene como objetivo reutilizar los restos de la producción de fibra natural de fique (jugo) de productores locales (AGAVE SAS) en Antioquia, donde cerca de 100 agricultores de fibras de fique venden esta materia prima a un precio de \$ 150 COP / kg para la producción de sacos y cuerdas. Cabe mencionar que solo el 4% de la planta de fique se utiliza para la extracción de fibras, dejando el resto como residuo. Se usa el jugo de fique como medio de cultivo de la bacteria *Komagataeibacter medellinensis* para la síntesis de nanocelulosa bacteriana, la cual se empleará para aplicaciones de almacenamiento de energía, incluidas baterías de iones de litio y supercondensadores.*

Con este proyecto, se apoya a los agricultores locales, que se beneficiarán de la venta de sus residuos agrícolas a empresas de biomasa, proporcionando a los agricultores una nueva fuente de ingresos. El proyecto involucra a la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y la Universidad Queen Mary de Londres (QMUL). Dos grupos de investigación de la UPB unen esfuerzos para este proyecto: nuevos materiales (GINUMA), energía y termodinámica (GET). Desde QMUL, el Dr. Jorge y el Dr. Szilagyi aportan su experiencia en la aplicación de materiales derivados de la biomasa como compuestos energéticos alternativos para almacenamiento y



"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

conversión. El conocimiento del equipo de UPB-QMUL garantiza que el proyecto será un éxito.

1.2 Alcance del proyecto.

Bioprospección.

1.3 Objetivo general.

Evaluar la utilización de nanocelulosa bacteriana, obtenida a partir de residuos de Fique por fermentación con el microorganismo *Komagataeibacter medellinensis* que inició proceso de caracterización para su identificación en el año 2009 y oficialmente se clasificó en el año 2013, como material activo en aplicaciones de almacenamiento de energía.

1.4 Objetivos específicos.

- Definir las características fenotípicas y genotípicas para la identificación de la cepa aislada para la producción de celulosa bacteriana.
- Obtener el jugo de fique a partir del proceso de extracción de la fibra larga en las instalaciones de la empresa AGAVE.
- Convertir los residuos de fique (jugo) en nanocelulosa bacteriana (BNC) empleando el microorganismo *Komagataeibacter medellinensis* identificado oficialmente en el año 2013 que, después de su carbonización y activación, serán utilizados como electrodos en aplicaciones de almacenamiento de energía y en el ensamblaje y análisis electroquímico de baterías y supercondensadores.

1.5 Área de Aplicación.

Biotecnología e ingeniería de materiales.

1.6 Lista de referencia de los recursos biológicos a partir de los cuales se accederá a los recursos genéticos.

Tabla 1. Listado del recurso biológico accedido.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	NUMERO DE MUESTRAS
<i>Komagataeibacter medellinensis</i> , depositada como <i>Gluconacetobacter medellinensis</i> ID 13488	Bacterias productoras de ácido acético, Bacterias productoras de nanocelulosa	1

1.7 Responsable técnico.

Dra. Cristina Isabel Castro Herazo, identificada con cédula de ciudadanía No. 50.938.383 y con dirección electrónica: cristina.castro@upb.edu.co será la responsable técnica del proyecto.

1.8 Proveedor del recurso biológico a partir del cual se accederá a los productos derivados.

Nombre o Razón Social: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Documento de Identidad: 830115395-1
Domicilio: CALLE 37 #8 - 40
Teléfono: (57-1) 3323400
Correo Electrónico: info@minambiente.gov.co

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

1.9 Área geográfica.

La Universidad de Medellín presento una solicitud para amparar las actividades de acceso a los recursos genéticos y productos derivados bajo lo dispuesto en la excepcionalidad del Artículo 6° de la Ley 1955 de 2019. El aislamiento de una cepa a partir de vinagre obtenido de la plaza minorista de Medellín, de la cual fueron aislados muestras de microorganismos fotosintéticos; al realizar una verificación preliminar se identificó que los proyectos asociados al laboratorio GRINBIO de la Universidad de Medellín, presentaban inconsistencias en los puntos y la metodología de recolección, los cuales fueron aclarados mediante los radicados: E1-2021-17827 del 26 de mayo de 2021 y 2022E1028089 del 10 agosto 2022, en el cual se pudo establecer que para las actividades de recolección del material a partir del cual se realizó aislamiento en el laboratorio se realizaron en dos (2) puntos localizados en el departamento de Antioquia (Tabla No. 2.).

Tabla No. 2. Coordenadas de obtención de la muestra y aislamiento.

Actividad	Municipio	WGS 84 (4326)		Origen nacional (9377)	
		Latitud (y)	Longitud (x)	Latitud (y)	Longitud (x)
Obtención	Medellín	6,2576576°	-75,573462°	2250413,83	4715737,28
Aislamiento	Medellín	6,240565°	-75,590915°	2248212,51	4713512,75

De las cinco cepas de microorganismos aislados a partir de muestras de agua reportados por la Universidad de Medellín una vez realizado el proceso de verificación de coordenadas se encuentra que fueron recolectadas en el municipio de Medellín en las jurisdicciones ambientales del el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) (Anexo 1).

1.10 Análisis de especies amenazadas, vedadas o listadas en CITES.

El recurso biológico objeto de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados corresponden a microorganismos, los cuales no se encuentran listados en alguna categoría de amenaza de la Resolución 0126 de 2024, no presentan alguna veda o restricción nacional o regional, así como tampoco se encuentran listados en los apéndices de La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

1.11 Tipo de muestra.

Cepa Komagataeibacter medellinensis, depositada como Gluconacetobacter medellinensis.

1.12 Lugar de procesamiento.

Laboratorios del bloque B, de la Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 1 No. 70-01 Medellín Colombia.

1.13 Tipo de actividad y uso que dará al recurso.

Investigación y desarrollo

1.14 Metodología.

1.14.1 Procedimiento de exploración y recolección:

Se recolectó una muestra de "madre de vinagre" en la Central Minorista de la Ciudad de Medellín, Este material es comercializado por vendedores del lugar para elaboración de vinagre casero.

- Área de influencia del proyecto: Antioquia, Medellín.

225

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

- Área de intervención del proyecto: Antioquia, Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 1 No. 70-01.
- Jurisdicción municipal y departamental: la cual deberá responder al departamento de Antioquia y municipio de Medellín en donde se desarrollará el proyecto, obra o actividad.

Datum Magna Sirgas, Norte (m) 689831.26 Este (m) 434630.51.

Coordenadas geográficas Latitud: 6,240565° Longitud: -75,590915°.

La "madre de vinagre" o "nata" se obtuvo de la producción artesanal de vinagre en el año 2009 en la Central Minorista de la ciudad de Medellín. La madre se inoculó en un medio estéril rico en fuente de carbono y nitrógeno (Hestrin & Schramm, 1954) y se dejó fermentar a 28 °C por 48 h, luego de este tiempo, se evaluó la turbidez (representativa del incremento del número de microorganismos) y la presencia de una delgada capa en la superficie del medio (celulosa producida). El medio líquido se analizó por microscopía óptica para determinar el grado de pureza de la cepa y de acuerdo al tipo de flora encontrado (levaduras) se diseñó un protocolo de purificación empleando fluconazol. Luego se procedió con la caracterización fenotípica en donde se estudiaron características como: morfología, desarrollo, propiedades bioquímicas, fisiología y comportamiento y genotípica en donde se evaluó la genética específica del microorganismo, en forma de ADN, lo que permitió su identificación en género y especie como *Gluconacetobacter medellinensis* (recientemente reclasificado como *Komagataeibacter medellinensis*). El microorganismo se depositó en la colección de microorganismos de la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB).

1.14.2 Definir las características fenotípicas y genotípicas para la identificación de la cepa aislada para la producción de celulosa bacteriana.

El microorganismo se cultivó en el medio Hestrin-Schramm (HS) que contenía: 2% (p/v) de D-glucosa, 0,5% (p/v) de peptona, 0,5% (p/v) de extracto de levadura, 0,27% (p/v) Na_2HPO_4 y 0,11% (p/v) de ácido cítrico sin agitación durante 8 días a 28 °C (Hestrin & Schramm, 1954). Después de este tiempo, se observó la presencia de una película sobre la superficie, la cepa se examinó por microscopía de luz y se puso en un medio de cultivo fresco con 0,01% (p/v) de antifúngico para inhibir la proliferación de la levadura en el medio. Este proceso se repitió hasta que la levadura no fue evidente. La morfología de las células y su tamaño se definió en el medio de agar GYAE a 28 °C durante 5 días (Cleenwerck, De Vos, & De Vuyst, 2010). Se determinó la tinción de Gram y la motilidad celular se observó por el método de la gota suspendida.

La producción de ácido acético fue investigado por la formación de zonas claras alrededor de las colonias en el medio CaCO_3 -agar (0,05% (p/v) de D-glucosa, 0,3% (p/v) peptona, 0,5% (p/v) de extracto de levadura, 1,5% (p/v) de CaCO_3 , 1,2% (p/v) de agar y el 1,5% (v/v) de etanol). La superoxidación del ácido acético a CO_2 y H_2O se analizó mediante el cambio de color del indicador azul de bromotimol de amarillo a azul, en un medio compuesto de 2% (v/v) de etanol, 0,5% (p/v) de peptona, 0,5% (p/v) de extracto de levadura 0,27% (p/v) de Na_2HPO_4 , 0,008% (p/v) de azul de bromotimol y 1,3% (p/v) de agar.

La respuesta del microorganismo a la prueba de la catalasa se determinó con una asada de células desde un cultivo sólido (HS-agar), mezcladas en un portaobjetos con una gota de 3% (v/v) de peróxido de hidrógeno. La aparición inmediata de burbujas de O_2 es indicativa de la presencia de catalasa. La prueba de la oxidasa también se evaluó, colonias desde un agar sólido se mezclan en un portaobjetos inundado con el reactivo de Kovacs, la prueba resulta positiva si la muestra es de color morado oscuro o púrpura. La capacidad de producir ácido 5-ceto-D-glucónico y ácido 2-ceto-D-glucónico a partir de D-glucosa se determinó por el método descrito por Gosselé et al. (Gosselé, Swings, & De Ley, (1980). El crecimiento en presencia de ácido acético se probó en varios medios preparados con (3% (v/v) de etanol, y diferentes concentraciones de ácido acético 0, 4, 6, 8% (v/v) (Sokollek, Hertel, & Hammes, 1998). Los cultivos se incubaron a 28 °C

Ambiente

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

durante 8 días. El crecimiento de células en los medios preparados a partir de diferentes fuentes de carbono tales como etanol, D-fructosa, maltosa, D-ribosa, D-xilosa, sacarosa, sorbitol, D-manitol, D-gluconato, se determinó después de 8 días a 28 °C. El medio se preparó con 2% (p/v) de la fuente de carbono a evaluar, 0,5% (p/v) de extracto de levadura y 1,5% (p/v) de agar.

La capacidad de producir celulosa se evaluó en un medio de HS sin agitación durante 3 días a 28 °C. La membrana formada en cada uno de los medios de cultivo se recogió, se lavó con 5% (p/p) de KOH a 25 °C durante 14 h y se enjuagó con agua destilada hasta alcanzar pH neutro. La celulosa producida se caracterizó por microscopía electrónica de barrido para observar su morfología, en un microscopio Jeol JSM 5910 LV operado a 20 kV.

En una colaboración científica con la Colección de Microorganismos de Bélgica (BCCM), la cepa se depositó con el código ID13488 y se hizo una caracterización previa por la secuencia parcial del gen 16S rRNA. Una amplificación directa del gen 16S rRNA se hizo por PCR y la secuencia parcial y el análisis de la secuencia se realizaron de acuerdo con el método propuesto por Arahál, Sánchez, Macián, & Garay, (2008) en la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT). Con los resultados de esta secuenciación parcial, la cepa mostró un 100% de similitud con la cepa LMG 1693 que fue incorrectamente clasificada por K. Kondo como *Acetobacter subsp. sucrofermentans xylinus* (artículo mencionado en Tanaka, Yoshida, Muraki, Aoki, & Shinke, 1998) y recientemente investigada en la BCCM/LMG. Para la cepa LMG 1693 se hizo la amplificación directa por PCR de los genes 16S rRNA, su secuenciación parcial y el análisis de esta secuencia de acuerdo con el método de Cleenwerck, Vandemeulebroecke, Janssens, & Swings, 2002. El análisis filogenético se realizó utilizando el paquete de software BioNumerics (Applied Math, Bélgica). Las secuencias de los genes 16S rRNA para LMG 1693 y ID13488 fueron alineados con las secuencias del gen 16S rRNA de las cepas de referencia del género *Gluconacetobacter* recogidos de la librería internacional de secuencia de nucleótidos EMBL. Un árbol filogenético fue construido usando el método "neighbour-joining". La cepa tipo *Acetobacter aceti* se utilizó como punto de partida. La robustez de las ramas se evaluó por el método de remuestreo de datos "bootstrap" (Felsenstein, 1985).

Las cepas ID13488 y LMG 1693 se evaluaron por análisis de secuencias multilocus (MLSA) según el método descrito por Cleenwerck, De Vos, & De Vuyst, (2010), basado en la secuencia parcial de genes concatenados *dnaK*, *groEL* y *rpoB*, para la identificación de especies o la clasificación de bacterias de ácido acético que pertenecen al género *Gluconacetobacter* o a taxones afines. El análisis filogenético se realizó utilizando el paquete de software BioNumerics. Las secuencias parciales de los genes *dnaK*, *groEL* y *rpoB* de ID13488 y LMG 1693, se concatenan y se alinea con las secuencias parciales de los genes *dnaK*, *groEL* y *rpoB* de las cepas de referencia en los taxones de *Gluconacetobacter* recogidos de la librería internacional de secuencia de nucleótidos EMBL y son mencionados en la investigación de Cleenwerck, De Vos, & De Vuyst, (2010). El árbol filogenético se construyó usando el método neighbour-joining. La cepa tipo de *Acetobacter aceti* se utilizó también como punto de partida. La robustez de las ramas se evaluó por el método de remuestreo de datos "bootstrap".

Las cepas ID13488 y LMG 1693 también se evaluaron por el análisis de huella genética de ADN utilizando AFLP™. AFLP™ es una técnica basada en PCR para determinar la huella genética del ADN del genoma a través de toda la amplificación selectiva de fragmentos de restricción (Vos, Hogers, Bleeker, Reijmans, Van Lee, Hornes, Friters, Pot, Paleman, Kuiper, & Zabeau, 1995). La tecnología de AFLP™ está sujeta a patentes y solicitudes de patentes y AFLP es una marca registrada, propiedad de Keygene N.V, Países Bajos. Los patrones electroforéticos resultantes se normalizaron y se sometieron a un procedimiento de reconocimiento de patrón de bandas utilizando el software de GeneMapper 4,0 (Applied Biosystems, EE.UU.). Tablas normalizadas de los picos, conteniendo fragmentos de 20 a 600 pares de bases, se transfirieron al software BioNumerics™ 5.1 (Applied Math, Bélgica). Para el análisis numérico, un intervalo de datos se delimitó tomando entre 50- y 500- bp bandas para el estándar interno de tamaño. Los perfiles se compararon con los de referencia de taxones de bacterias de ácido

22h

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

acético que se tienen disponibles actualmente en las bases de datos de la BCCM/LMG. La agrupación de los patrones se realizó utilizando el coeficiente Dice y el algoritmo UPGMA.

Hibridaciones DNA-DNA entre las cepas LMG 1693, ID13488 y LMG 18788 (*Gluconacetobacter subsp. sucrofermentans xylinus=sucrofermentans* *Gluconacetobacter*) se realizaron en presencia de formamida al 50% a 48 °C, de acuerdo con una modificación del método descrito por Ezaki, Hashimoto, & Yabuuchi, (1989). Los valores de la relación DNA-DNA reportados son un promedio de mínimo de 6 hibridaciones. Con esta técnica, la desviación estándar promedio es de 14 unidades Goris, Suzuki, De Vos, Nakase, & Kersters, (1998). El contenido G+C (guanina+citosina) de las cepas ID13488, LMG 1693 y LMG 18788 se determinó utilizando cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC (Mesbah, Premachandra, & Whitman, 1989). ADN del fago lambda sin metilar (Sigma) fue utilizado como referencia de calibración.

1.14.3 Obtener el jugo de fique a partir del proceso de extracción de la fibra larga en las instalaciones de la empresa AGAVE.

El Jugo de Fique fue extraído en una finca El Porvenir del aliado Agave S.A.S productor de fibra de fique ubicada en el municipio de Amalfi (Antioquia), Colombia. Las hojas fueron pasadas por una máquina desfibradora para extraer la fibra larga y como subproducto cae bajo la máquina el bagazo, fibra corta y jugo. El jugo se separó del bagazo y la fibra corta, se filtró por un cedazo y se congelaban para evitar contaminaciones no deseadas o cambios en su composición química, previo a la caracterización. El jugo de fique se caracterizó en su contenido de azúcares por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), por el método Biuret, análisis elemental y espectroscopía atómica.

Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

El contenido de glucosa, fructosa y sacarosa se midió en ambos medios de cultivo en un cromatógrafo de líquidos Shimadzu, con una columna Biorad AMINEX HPX87H y un detector de índice de refracción. La temperatura se ajustó a 45 °C y el volumen de inyección fue de 20 µL, utilizando una fase móvil de ácido sulfúrico (5 mM), velocidad de bombeo de 0,6 mL/min y un tiempo de ejecución de 25 minutos. Se analizaron dos muestras de jugo de fique y medio de cultivo HS después de la esterilización y se realizaron mediciones por triplicado. Previo al ensayo se realizó la curva de calibración utilizando estándares externos de glucosa, fructosa y sacarosa a diferentes concentraciones.

Método Biuret

Esta es una medición indirecta del contenido de nitrógeno, tan importante para la producción de celulosa como la glucosa. La reacción de Biuret está dada por todas las sustancias que contienen dos grupos amino en sus moléculas unidos directamente a un átomo de nitrógeno [1]. Se realizó una curva de calibración con una solución de BSA. Para la cuantificación del contenido de proteínas en las muestras se adicionó 1 mL de muestra a un tubo cónico y 3 mL de reactivo de Biuret, se agitó en vórtex, se calentó en baño maría a 37 °C durante 10 min, se dejó enfriar protegiendo de la luz, se adicionaron 100 µL en pozo de 96 y se leyó a 540 nm. Cada muestra se hizo por triplicado

Nota: como el color de las muestras de extracto de fique estaban generando interferencia, se hizo una dilución de 1:100 y para el medio HS 1:20

Análisis elemental orgánico

Se utilizó principalmente para determinar la cantidad de nitrógeno en ambas muestras, en un analizador Flash 2000 CHNS-O, según los métodos UNE-EN 15407 para análisis de carbono, hidrógeno y nitrógeno [2] y ASTM-D5622-95 para oxígeno contenido [3]. Se analizaron por triplicado dos muestras de cada medio de cultivo.

Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS)

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

La cantidad de contenido de metal se determinó utilizando un espectrómetro de absorción atómica ICE® 3500, de acuerdo con los métodos EPA 7140, 7450, 7610 y 7770, para calcular los contenidos de Ca, Mg, K y Na, respectivamente [4-7]. Se analizaron por triplicado dos muestras de cada medio de cultivo. Todos los valores tuvieron una desviación inferior al 5 %.

Para la producción de nanocelulosa bacteriana de jugo de fique (NCB-F) y NCB a partir del medio de cultivo HS (NCB-HS), el preinóculo se realizó de acuerdo a Molina, et al. (2020). Brevemente, un medio modificado con Hestrin-Schramm (HS) que contiene 0,54 % p/v de glucosa, 0,5 % p/v de peptona, 0,5 % p/v de extracto de levadura, 0,059 % p/v de KH_2PO_4 , 0,025 % p/v de MgSO_4 , 0,267 % wt./v NaH_2PO_4 y ácido cítrico a pH de 5,18. *K. medellinensis* se inoculó en condiciones estériles sobre el preinóculo, y se colocó durante 24 h en agitación a 28 °C para aumentar la población microbiana [12].

En el segundo paso se prepararon los medios de cultivo. El extracto de fique se obtuvo como producto del proceso de extracción de fibra de hojas de la planta de fique (*Furcraea gigantea*) recolectadas en Amalfi, Antioquia. Con fines comparativos, se comparó el jugo de fique como medio de cultivo con el medio comercial HS que contenía 2 % p/v de glucosa, 0,5 % p/v de extracto de levadura, 0,5 % p/v de peptona, 0,27 % p/v de Na_2HPO_4 y ácido cítrico a pH 3.6 [8]

El jugo de fique y el medio HS se esterilizaron por 15 min a 121 °C y 15 psi, y el nivel de pH se ajustó a 3,6 con ácido acético. Luego, se inocularon al 10 % v/v de preinóculo y se realizaron fermentaciones durante 15 días, en condiciones estáticas utilizando recipientes plásticos de 16 x 29 x 8.5 cm (ancho x largo x alto).

Luego se midió el rendimiento de producción de NCB dividiendo el peso seco del material por el volumen de cada medio de cultivo. Las membranas de NCB se secaron gravimétricamente y se pesaron utilizando una balanza analítica [13]. El volumen de las muestras se calculó como un cilindro (Ecuación 1), midiendo el espesor (altura) y el diámetro de las membranas utilizando un micrómetro en estado de hidrogel de los materiales. Para encontrar diferencias estadísticas entre muestras, se realizó un análisis de varianza ANOVA de una vía utilizando el software Statgraphics®, considerándose estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

$$V=\pi*r^2*h \quad (1)$$

Donde r es el radio de las membranas (cm) y h es la altura o espesor de las muestras (cm).

Caracterización de la NCB

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Se utilizó SEM para observar la microestructura de la red de nanocintas del NCB. Las muestras se liofilizaron, se colocaron en cinta de carbón y se cubrieron con oro mediante pulverización iónica. Las micrografías se obtuvieron en un Joel® JSM L V con un voltaje de funcionamiento de 20 kV a 10.000 y 20.000 aumentos. Luego se analizaron utilizando ImageJ [14] para determinar la media de la distribución del ancho de las nanocintas en 100 cintas diferentes. Para encontrar diferencias estadísticas entre las muestras se realizó un análisis de varianza ANOVA de una vía utilizando el software Statgraphics®, considerándose estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

Infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)

Los espectros infrarrojos se llevaron a cabo para identificar los picos típicos de BNC en los materiales secados al horno, utilizando un espectrómetro Nicolet 6700

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Series equipado con un ATR de reflexión única y cristal de diamante tipo IIA. Los espectros se recolectaron a resoluciones de 4 cm⁻¹ en 64 escaneos en el rango de 4000-400 cm⁻¹. La fracción Ia se calculó según Imai, T., et al (1998) [15], presentado en la Ecuación 2.

$$F_a = A_{750} / ((A_{750} + [kA]_{710})) \quad (2)$$

Donde A₇₁₀ y A₇₅₀ son las intensidades de los picos a 710 y 750 cm⁻¹, respectivamente, y k es la relación del coeficiente de adsorción entre los dos picos (0,16) [12].

Difracción de rayos X (XRD)

Se utilizó DRX para identificar el efecto del jugo de fique como medio de cultivo, en materiales secados al horno. Los datos fueron recolectados en un difractómetro Malvern-PANalytical Empyrean 2012, con detector de píxeles 3D, a la longitud de onda de la radiación Cu ($\lambda=1.541$ nm), generada a un voltaje de 45 kV y 40 mA. Los datos se recolectaron usando un goniómetro omega/2 θ con un rotor de reflexión-transmisión, con un paso de 0,01° en el rango de 5-60°. El espacio d entre los planos de cristal se determinó utilizando la ley de Bragg mediante la ecuación 3.

$$d = (\lambda) / 2 \sin \theta \quad (3)$$

Donde θ es el ángulo entre el plano y el haz difractado y λ es la longitud de onda de los rayos X [18]. El parámetro Tamaño aparente del cristal (ACS) se calculó utilizando la fórmula de Scherrer en la Ecuación 4.

$$ACS = (0.9\lambda) / (FWHM \cos(\theta)) \quad (4)$$

Donde FWHM es el ancho del pico a la mitad de la altura máxima, θ es el ángulo de Bragg y λ es la longitud de onda de los rayos X. Finalmente, se calculó el Índice de Cristalinidad (IC) como la relación entre el área de los tres picos cristalinos y el área total [12].

Análisis de superficie BET

La estructura porosa de las muestras NCB-Fique y NCB-HS se evaluó mediante isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno a 77 K con ASAP 2020 Plus (Micromeritics) después de desgasificar las muestras durante la noche a 105 °C bajo alto vacío (10⁻⁶ mbar) y 10 mm Hg. El área superficial específica (SBET) se calculó aplicando la ecuación BET; El volumen de microporos (V_{mic}) y el tamaño de microporos (D_{micro}) se obtuvieron utilizando la ecuación de Dubinin-Radushkevich (DR) de la isoterma N₂. El volumen de mesoporos (V_{meso}) se calculó a partir de la diferencia entre el volumen total (VP/P=0,98) y el de microporos (V_{mic}) de la isoterma N₂ [16]. Las distribuciones de tamaño de poro (PSD) se obtuvieron de las isothermas de N₂ mediante la aplicación del modelo DFT; el análisis se realizó por triplicado. La densidad real se determinó por desplazamiento de helio con Accupyc 1340 II (Micromeritics) a 19,5 psi.

Análisis termogravimétrico

Este experimento se realizó para encontrar cambios en el rendimiento térmico entre NCB-HS y NCB-Fique. El análisis térmico se realizó en un Mettler Toledo TGA/SDTA851E. El peso de la muestra fue de aproximadamente 5 mg, calentada bajo una atmósfera de nitrógeno de 30 a 800 °C con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min.

Activación y funcionalización de la BNC como material activo para electrodos y ensamblaje de supercondensadores.

1.14.4 Convertir los residuos de fique (jugo) en nanocelulosa bacteriana (BNC) que, después de su carbonización y activación, serán utilizados como

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

electrodos en aplicaciones de almacenamiento de energía y en el ensamblaje y análisis electroquímico de baterías y supercondensadores.

Determinación de las condiciones de carbonización de NBC para electrodos de supercondensadores.

Luego de obtener la nanocelulosa bacteriana (NCB) de la fermentación, se hizo necesario prepararla para convertirla en un electrodo. Como paso inicial se debe definir el tipo de secado, para lo cual se generaron membranas secadas en horno y secadas por liofilización. En un segundo paso se evaluó el proceso de carbonización empleando dos temperaturas de pre-carbonización (200°C y 500°C) y dos de carbonización (700°C y 850°C), para lo cual se planteó y siguió una ruta experimental (Figura 1) donde se buscó no solo ver el efecto que tiene la temperatura inicial y final de carbonización sobre el material, sino además, se quiere ver el efecto de las distintas modificaciones sobre el desempeño electroquímico del material.

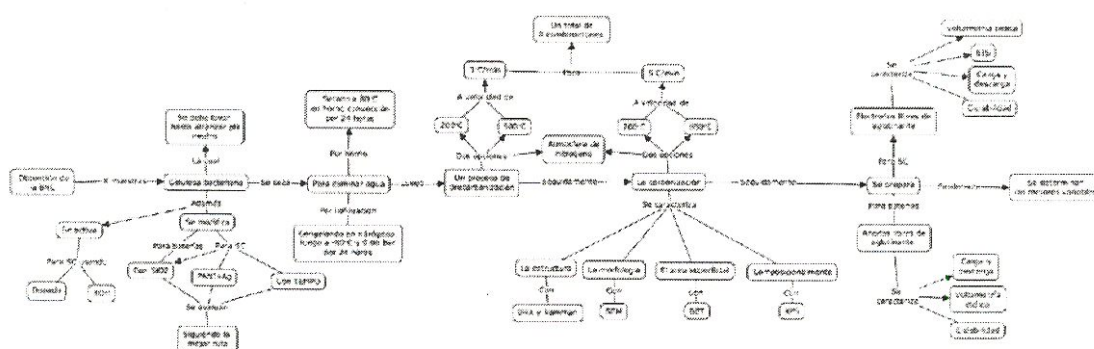


Figura 1. Ruta experimental para la obtención de NCB carbonizada para electrodos de supercondensadores y baterías.

Caracterización fisicoquímica NCB antes y después de carbonizada, activada o modificada.

Con el objetivo de tener un mejor entendimiento respecto a la estructura interna del material, además de poder apreciar el efecto que tiene el tratamiento térmico en las muestras de NCB, se realizó el análisis por medio de microscopia de barrido electrónico. Para evaluar la morfología, el tamaño de las fibras y la conservación de la estructura del material se usaron 3 microscopios electrónicos de barrido. Se utilizó un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-7100 (Universidad Pontificia Bolivariana), JEOL-JSM 6490LV (Universidad de Antioquia) y FEI InspectF50® (Queen Mary University of London). En todas las caracterizaciones los materiales fueron recubiertos con una película delgada de oro por medio de sputtering y las imágenes fueron tomadas en diferentes aumentos (x5000, x10000, x15000) al igual que los valores para el voltaje de aceleración de los electrones (desde 5 kV hasta 20 kV).

Si bien análisis complementarios son necesarios para tener una idea global del efecto de estas modificaciones, debido al cambio en este tipo de materiales es de esperarse una variación en los resultados fisicoquímicos y electroquímicos del material, por lo cual análisis de área superficial, Raman, voltametría cíclica (VC), carga y descarga (GCD), espectroscopia de impedancia (EIS) y ciclabilidad son realizados a estas muestras.

La caracterización porosa y superficial de los materiales carbonosos obtenidos a partir de NCB fue realizada mediante la fisisorción de gases con el equipo ASAP2020 Plus (Micromeritics). Las muestras son pesadas y desgasificadas a 105 °C y 10 mmHg por 8 horas. Se construyeron las isotermas de nitrógeno a 77 K y CO₂ a 273 K. A partir de la isoterma de N₂ se puede estimar el valor del área superficial específica mediante el modelo de Brunauer-Emmet-Teller, el volumen (V_{micro}) y tamaño de microporo (D_{micro}) a partir del modelo de Dubinin-

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Raduskevich. Adicionalmente, a partir de la isoterma de nitrógeno se puede estimar el volumen de mesoporos (V_{meso}) cercanos a 4 nm, utilizando la regla de Gurvitch, y la distribución de poros se determina mediante el modelo NLDFT. A partir de las isotermas de CO₂ se puede estimar el volumen (V_{mic}) y tamaño de ultramiroporos (D_{mic}), los cuales representan los poros más pequeños.

La técnica de fisisorción de gases se fundamenta en estimar la tendencia de las superficies sólidas para atraer a las moléculas de un gas que le rodea, lo cual se conoce como adsorción. El gas se adsorbe por medio de fuerzas físicas no selectivas (Van der Waals), lo que incrementa el peso del sólido y hace disminuir la presión del gas en el recipiente. Una vez alcanzado el equilibrio, la presión se hace constante y se puede calcular la cantidad de gas adsorbido en esas condiciones. Al realizar mediciones sucesivas a diferentes presiones y temperatura constante se pueden construir las isotermas de adsorción y desorción, de las cuales se infieren los parámetros más importantes de la porosidad del material como son el volumen de poros y su distribución de tamaños y el área superficial. A continuación, se hace una descripción breve de los modelos utilizados.

Modelo Brunauer-Emmet-Teller (BET)

El modelo BET [25] se usa para analizar la isoterma de adsorción con el fin de derivar una capacidad de la monocapa y luego un área superficial. Donde se considera que la adsorción toma lugar en una superficie uniforme y las energías de adsorción de las moléculas en la primera capa son idénticas, cada molécula adsorbida es un sitio de adsorción potencial para otra capa, no hay limitaciones estéricas, interacciones entre las moléculas adsorbidas en la misma capa no juegan un papel en la ecuación de adsorción, presiones cercanas a la saturación del número de capas adsorbida es infinito y el vapor se condensa en forma de líquido (ecuación 5).

$$\frac{P}{V_{ads}(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C-1}{V_m C} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (5)$$

donde V_{ads} es el volumen de gas adsorbido a la presión P y a una presión de saturación del adsorbato P_0 , V_m es el volumen de gas para formar una monocapa completa sobre la superficie del sólido y C es una constante estadística relacionada con el calor de adsorción. La ordenada en el origen y la pendiente de la representación gráfica $\frac{P}{V_{ads}(P_0 - P)}$ de frente a $\frac{P}{P_0}$ permite determinar los valores de V_m y C .

A pesar de que a partir del valor de C no se puede estimar de forma rigurosa el calor de adsorción, este parámetro sí resulta indicativo de la energía de interacción entre el adsorbato y el adsorbente. Así, valores elevados de C (≈ 100) están asociados a formas de "rodilla" muy marcadas en las isotermas. No se recomienda la aplicación del modelo BET para valores de C menores de 20.

$$S_{BET} (m^2 g^{-1}) = \frac{V_m \cdot A_m \cdot N_A \times 10^{-18}}{22.414} \quad (6)$$

donde V_m se da en (cm^3 CNPT/g), A_m es el área transversal que ocupa una molécula de N₂ a -196 °C ($0,162 \text{ nm}^2/\text{molécula}$), y N_A es el número de Avogadro (6.023×10^{23} moléculas/mol). Para el caso de microporos se debe tener en cuenta que no es por formación de una sola capa, en cambio es por el llenado del volumen de estos.

Modelo Barret-Joyner-Halenda (BJH)

El modelo BJH [26] es utilizado para determinar el tamaño de los mesoporos. Donde se considera que todos los poros como cilindros que responden de la misma manera con respecto a los cambios de presión relativa del adsorbato, todos los poros se llenan de adsorbato en forma líquida. Generalmente es mejor

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

utilizar la isoterma de desorción, que corresponde a materiales con presencia de mesoporos, ya que para el mismo volumen de gas tiene una presión relativa menor.

El cálculo del tamaño de los mesoporos se usa la ecuación de Kelvin a los datos de desorción de la isoterma:

$$r_p = r_k + t \quad (7)$$

Donde γ es la tensión superficial del nitrógeno ($8,85 \times 10^{-7} \text{ J cm}^{-2}$), V_m es el volumen molar de N_2 líquido ($34,7 \text{ cm}^3 / \text{mol}$), R la constante universal de los gases ideales $8,314 \text{ J/mol K}$, T la temperatura de evaporación del nitrógeno (77 K), es la presión relativa y el radio de Kelvin del poro. Esta ecuación es válida para poros vacíos, pero el problema que presenta es que en la pared de los poros se queda adsorbida una capa de nitrógeno cuyo grosor depende de la presión relativa $((P/P_0))$. Dado que antes de la condensación se produce alguna adsorción sobre las paredes del poro, r_k no representa el radio del poro. El radio real del poro r_p se define por la ecuación 8.

$$r_k = \frac{-2\gamma V_m}{RT \ln\left(\frac{P}{P_0}\right)} \quad (8)$$

Donde t es el espesor de la capa adsorbida y se puede calcular por medio:

$$\left[\frac{13,99}{\log\left(\frac{P}{P_0}\right) + 0,034} \right]^{1/2} \quad (9)$$

El poro de mayor radio, r_{pp1} , tiene una capa fisisorbida de moléculas de nitrógeno de espesor t_1 . Dentro de este espesor hay un capilar interno con radio r_{kk} , en el cual se produce la evaporación cuando la presión relativa disminuye. La relación entre el volumen y el poro, V_{pp1} y el volumen del capilar interno (Kelvin) V_{kk1} viene dada por ecuación 10:

$$V_{p1} = V_{k1} * \frac{r_{p1}^2}{r_{k1}^2} \quad (10)$$

Cuando la presión relativa disminuye de $(P/P_0)_1$ a $(P/P_0)_2$ el volumen V_1 se desorbe en la superficie. El volumen de líquido V_1 no solo representa el vaciado del condensado en el poro de mayor tamaño, sino también una reducción en el espesor de su capa fisisorbida. Después de esta disminución de presión relativa, el promedio de espesor es $\Delta t_1/2$ y el volumen de poro de mayor tamaño:

$$V_{p1} = V_{k1} * \left(\frac{r_{p1}}{r_{k1} + \Delta t_1/2} \right)^2 \quad (11)$$

Cuando la presión relativa disminuye de nuevo $(P/P_0)_3$ el volumen de líquido desorbido incluye no sólo la parte condensada en el próximo poro más grande sino también el volumen de una delgada segunda capa fisisorbida situada detrás del poro más grande. El volumen desorbido V_{pp2} del poro de menor tamaño viene dado por:

$$V_{p2} = (V_2 - V_{\Delta t_2}) * \left(\frac{r_{p2}}{r_{k1} + \Delta t_2/2} \right)^2 \quad (12)$$

$$V_{\Delta t_2} = \Delta t_2 * A_{c1} \quad (13)$$

$$V_{\Delta t_n} = \Delta t_n \sum_{j=1}^{n-1} A_{c_j} \quad (14)$$

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Donde Ac_1 es el área expuesta por los poros anteriormente vaciados de gas fisisorbido, el volumen de la segunda etapa de desorción $V_{\Delta 2}$ y $V_{\Delta m}$ para cualquier etapa de desorción gradual, el cual es considerado como la suma del promedio de las áreas de poros no llenos, sin incluir los poros que fueron vaciados por desorción. El área de cada poro A_p es constante y puede calcularse a partir del volumen de poro asumiendo poros de geometría cilíndrica:

$$V_{pn} = (\Delta V_n - \Delta t_n \sum_{j=1}^{n-1} Ac_j) * \left(\frac{r_{p2}}{r_{kn} + \Delta t_2 / 2} \right)^2 \quad (15)$$

Todos los poros vaciados de su condensado durante la disminución de la presión relativa tienen un radio promedio r_p calculado a partir de la ecuación de Kelvin, a presiones relativas más altas y bajas durante la etapa de desorción. El término c está definido (ecuación 16).

$$c = \frac{r_c}{r_p} \quad (16)$$

El promedio del radio capilar r_c se expresa (ecuación 17):

$$r_c = r_p - t_r \quad (17)$$

Donde t_r es el espesor de la capa adsorbida para un radio promedio dado en el intervalo de disminución de la presión correspondiente calculado por la ecuación de Boer.

Modelo Non-Linear Density Functional Theory (NLDFT)

El modelo Non-Linear Density Functional Theory [27] utiliza una teoría funcional clásica de densidad de fluidos para construir las isothermas de adsorción en geometrías de poro ideales (por ejemplo, adsorción de N_2 en el modelo de poro con rendija a 77 K). El experimento de adsorción, que se realiza equilibrando el sistema sólido-fluido (adsorbente-adsorbato) a una temperatura dada y un conjunto de presiones de gas adsorbato. La distribución de equilibrio del adsorbato en los poros corresponde a un mínimo del gran potencial del sistema de adsorción presentado como una función de la densidad del fluido adsorbido. Dentro del tratamiento convencional de adsorción, el adsorbente sólido se considera inerte e indeformable, y las interacciones de adsorción se modelan con un potencial sólido-fluido. En el rango de poros más anchos que ~5 nm, las isothermas de adsorción NLDFT pueden usarse para calcular las distribuciones de tamaño de poro de las ramas de adsorción de los bucles de histéresis. Se asume que la isoterma experimental es una suma ponderada de las isothermas teóricas en poros de diferentes diámetros dada por (ecuación 18).

$$N_{exp} \left(\frac{P}{P_0} \right) = \int_{D_{min}}^{D_{max}} N_s \left(D, \frac{P}{P_0} \right) \varphi_s(D) dD \quad (18)$$

Aquí, $N_{exp} \left(\frac{P}{P_0} \right)$ representa la isoterma experimental; $N_s \left(D, \frac{P}{P_0} \right) \varphi_s(D)$ corresponde a isothermas teóricas individuales en poros de diámetro, D , $\varphi_s(D)$ es la PSDF que se va a determinar. Nos permite obtener el mejor conjunto de tamaños de poros de una forma dada que se ajusta mejor a los datos experimentales.

Modelo Dubinin-Radushkevich (DR)

El modelo Dubinin-Radushkevich [26] se utiliza para describir sólidos microporosos y en vez del concepto de superficie específica se utiliza volumen de microporos. Asume que la adsorción en los microporos se produce mediante un mecanismo de llenado de su volumen con un adsorbato en estado similar al

Ambiente

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

líquido y que el tamaño de los poros es heterogéneo y sigue una distribución Gaussiana.

$$V = V_0 \exp \left(-\frac{RT}{\beta E} \ln \left(\frac{P}{P_0} \right) \right)^2 \quad (19)$$

Donde V es el volumen adsorbido a una presión relativa P/P_0 , a una temperatura T , V_{V00} es el volumen de microporo, E es la energía de adsorción, β es el coeficiente de afinidad del adsorbato, R es la constante universal de los gases. Una ecuación DR más general es la ecuación 20.

$$V = V_0 \exp \left(-\frac{RT}{\beta E} \ln \left(\frac{P}{P_0} \right) \right)^n \quad (20)$$

Donde n es relacionada a la distribución del tamaño de poro.

Siguiendo los trabajos de Dubinin, diferentes expresiones se han sugerido, por ejemplo, la propuesta por Stoeckli (ecuación 21).

$$D = \frac{10.8}{E - 11.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}} \quad (21)$$

Esta ecuación provee una buena estimación para $0.5 < L_0 < 1.5 - 1.8 \text{ nm}$. Se cumple para valores de E comprendidos entre 42 y 20 kJ/mol.

$$D = \frac{24}{E} \quad (22)$$

La ecuación anterior se usa para valores inferiores a 20 kJ/mol.

Se pueden dan los siguientes casos cuando se compara el volumen de los microporos con N_2 y CO_2 :

$V(N_2) < V(CO_2)$: Materiales con un bajo grado de carbonización.

$V(N_2) \approx V(CO_2)$: Materiales con un grado de carbonización medio. Ambos adsorbatos presentan igual accesibilidad a los microporos.

$V(N_2) > V(CO_2)$: Materiales con un alto grado de activación, en los que hay una distribución heterogénea del tamaño de los microporos.

Aunque estableció originalmente que la ecuación sólo era aplicable a presiones relativas por debajo de 0,001 el rango práctico de aplicabilidad de la ecuación DR oscila entre presiones de 0.00001 y 0.2-0.4 para carbones activados. Los carbones activados con una distribución estrecha de microporosidad dan representaciones prácticamente lineales en todo el intervalo de presiones relativas. Sin embargo, a medida que se ensancha la distribución de tamaño de poros la representación de la ecuación DR se hace más curvada, y se aleja de la linealidad.

Regla de Gurtvich

De acuerdo con la Regla de Gurtvich [29], para un mismo adsorbente, la cantidad de gas adsorbido, expresado en volumen de líquido, a presiones próximas a la saturación, es aproximadamente independiente del adsorbato utilizado. Por tanto, el volumen de líquido adsorbido a saturación representa el volumen de poros del adsorbente. E indica que el volumen total de poros se puede determinar de la cantidad de N_2 adsorbido a 77 K (-196 °C) como líquido a una presión relativa $P/P_0 > 0.98$. El volumen de mesoporos, V_{meso} , se obtiene de la diferencia entre $V_{0.98}$ y $W \alpha(N_2)$, obtenido por el método DR.

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

$$V_{meso} = V_0 - W_0(N_2) \quad (23)$$

El cálculo del tamaño de poros promedio, D_{arg} , utilizando la regla de Gurtvich y suponiendo que la forma de los poros es en forma de rejilla (ecuación 24).

$$D_{arg} = \frac{2V_t}{S_{BET}} \quad (24)$$

Densidad real

La densidad real de los materiales carbonosos difiere del material granular, debido a que los poros en la superficie de una partícula, en los que no penetrarán los líquidos, pueden generar un volumen aparente que provocará errores graves cuando se mida la densidad por desplazamiento de líquido. Por lo tanto, la contribución al volumen hecha por los poros o los huecos internos debe restarse al medir la densidad real.

Los picnómetros están diseñados específicamente para medir el volumen real de materiales sólidos (ecuación 25) empleando el principio de Arquímedes de desplazamiento de fluido (gas) y la técnica de expansión de gas. Las densidades reales se miden utilizando helio, ya que penetrará en cada defecto de la superficie hasta aproximadamente un Angstrom, lo que permitirá medir los volúmenes de polvo con gran precisión. La medición de la densidad por desplazamiento de helio a menudo puede revelar la presencia de impurezas y poros ocluidos que no se pueden determinar por ningún otro método [30].

$$V_p = V_c + \frac{V_R}{1 - (P_1/P_2)} \quad (25)$$

Donde V_p corresponde al volumen del material, V_c el volumen de la celda, V_R un volumen de referencia, y $PP1$ y $PP2$ las presiones entre las cuales se mide el volumen desde la presión ambiente.

La densidad real se determinó por medio de un picnómetro de Helio (Micromeritics, Accupyc H 1340). Inicialmente, se pesó la cantidad necesaria de material para completar el 70 % del picnómetro de 10 cm³, luego se trasladó la muestra en picnómetro al compartimiento o unidad de purga y análisis. La caracterización se realizó mediante 350 ciclos de evacuación de aire o purga de la unidad y posterior cuantificación de la densidad en 350 ciclos de análisis.

Activación y funcionalización de NCB: material activo

Activación química

Los procesos de activación se llevaron a cabo de dos etapas principales, siendo estas la impregnación del material de partida con el agente activante, y una subsecuente etapa de tratamiento térmico. Inicialmente se presentará la evaluación del agente activante y temperatura de activación sobre el desarrollo de materiales carbonosos a partir de BNC, y seguido de la producción y caracterización de material activado para su posterior implementación como electrodos tipo coin.

Evaluación del agente activante y temperatura de activación sobre el desarrollo de materiales carbonosos a partir de BNC

La BNC empleada se obtuvo por *K. medellinensis* [7] utilizando como medio de cultivo el jugo de fique proveniente de la región Nordeste del Departamento de Antioquia (Colombia), de acuerdo a la metodología presentada por Castro (2013) [7] y secada por liofilización. La activación química de la BNC (BNCA) se realizó por impregnación un agente activante (H_3PO_4 85% o 6 M KOH) durante 24 h a

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

una relación 1:1 en peso seco. Posteriormente, la BNC impregnada es secada en horno a 100 °C durante 24 horas y posteriormente se realiza un tratamiento térmico en un horno tubular horizontal en presencia de nitrógeno N_2 a un flujo 100 mL min⁻¹ a diferentes temperaturas: 500 y 600 °C para H_3PO_4 (BNCA-P), y 600, 700 y 800 °C para KOH (BNCA-K). El tratamiento térmico se llevó a cabo a dos rampas de calentamiento: la primera de 3 °C min⁻¹ desde temperatura ambiente hasta alcanzar los 300 °C por 60 min, y la segunda a 5 °C min⁻¹ desde 300 °C hasta alcanzar la temperatura por 60 min. Finalmente, la BNC activada es lavada sucesivamente con agua destilada hasta alcanzar un pH constante y posteriormente secada en horno a 100 °C por 24 h.

Producción y caracterización de material activado para su posterior implementación como electrodos tipo coin.

Impregnación: se seleccionó como material de partida nanocelulosa bacteriana (BNC) cuyo sustrato fue jugo de fique. Esta fue secada en horno a 50 °C durante 48 horas. Posteriormente, el material seco se impregnó con una solución de hidróxido de potasio (KOH) en una relación másica 1:10 (peso seco) durante 24 horas, y fue secada en horno a 50 °C por 48 horas.

Tratamiento térmico: la BNC impregnada y seca fue tratada térmicamente en un horno tubular vertical (Figura 18) a 600 °C en atmósfera de nitrógeno por 1 hora. El tratamiento térmico se llevó a cabo en dos etapas, la primera partiendo desde temperatura ambiente hasta 300 °C a una rapidez de calentamiento de 3 °C/min y sostenida durante 1 hora, y la segunda desde 300 °C hasta 600 °C a razón de 5 °C/min y mantenida durante 1 hora. La muestra activada permaneció al interior del horno hasta alcanzar la temperatura ambiente en atmósfera inerte. Posteriormente, el material activo (BNC-KOH600) se sometió a lavados sucesivos con agua destilada hasta alcanzar un pH contante y se secó en una estufa a 100 °C por 24 horas.

Dopado con precursores de nitrógeno (piridina e hidracina)

Se empleó como material de partida, BNC secada en horno, la cual fue tratada térmicamente en un horno tubular vertical a 600 °C en atmósfera de nitrógeno por 1 hora. El tratamiento térmico se llevó a cabo en dos etapas, la primera partiendo desde temperatura ambiente hasta 300 °C a una rapidez de calentamiento de 3 °C/min y sostenida durante 1 hora, y la segunda desde 300 °C hasta 600 °C a razón de 5 °C/min y mantenida durante 1 hora.

El proceso de dopado se realizó mediante síntesis hidrotérmica, la cual tuvo lugar en un sistema cerrado (autoclave) que requiere altas temperaturas y presiones para inducir una reacción química de descomposición de los precursores de nitrógeno para formar el compuesto deseado. La síntesis se llevó a cabo al interior de una autoclave de acero inoxidable, la cual dispone de un accesorio con capacidad de 100 mL fabricado en un material polimérico resistente a la presión isobárica ejercida durante la reacción.

Se dispusieron 750 mg de BNC-char al interior del recipiente polimérico, y se adicionaron 30 mL de agua destilada y 20 mL de una solución de piridina 8 M C_5H_5N (BNC-PIRI). Posteriormente la autoclave fue sellada y ubicada al interior de un horno de convección forzada a una temperatura de 180 °C durante 12 horas. Una vez completado el tiempo de síntesis, el horno se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente. El material obtenido fue lavado con agua destilada repetidas veces en un sistema de filtración al vacío hasta alcanzar un pH constante. Por último, la muestra fue secada a 50 °C en un horno de convección por 12 horas.

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Para mantener la relación atómica de nitrógeno entre los precursores, el proceso anterior se repitió empleando una solución de hidracina 4 M N_2H_4 (BNC- N_2H_4) bajo las condiciones anteriormente mencionadas. La muestra BNC- N_2H_4 presentó un desarrollo bajo de la microporosidad (área superficial específica, volumen de microporos y diámetro de poro de 105 m²/g, 0.027 cm³/g, y 1.748 nm, respectivamente). El rendimiento de la muestra BNC-piridina fue muy bajo, lo que no permitió obtener suficiente material para realizar pruebas de caracterización porosa y superficial.

Determinación de parámetros experimentales para la etapa de funcionalización: Si bien uno de los objetivos planteados en el proyecto es la evaluación del desempeño electroquímico de la celulosa carbonizada, tanto la secada por horno como la liofilizada, es relevante considerar la necesidad de modificar el material para evaluar el efecto y si se obtiene una mejora con el mismo, como ya se explicó anteriormente con la parte de la activación y ahora se explorará la funcionalización del material, es por ello por lo que apoyados de la literatura se eligieron los procesos de tratamiento óptimos para obtener el mejor desempeño electroquímico posible.

Apoyados por la revisión bibliográfica previamente realizada, donde se logró hacer un barrido de más de 100 artículos de investigación con diferentes alternativas y resultados, se realizó un filtro donde los factores de elección fue el desempeño electroquímico obtenido y los materiales y equipos empleados para el proceso experimental, para que así fuese más factible la evaluación, estudio y comparación de las variables deseadas. Se seleccionaron tres artículos guía, relacionado con tres aproximaciones que abordan diferentes frentes de interés, la primera consiste en el efecto que tiene el añadir diferentes materiales conductivos a la estructura de la celulosa, la segunda es una aproximación para reforzar la estructura tridimensional y aumentar la porosidad de cara a una aplicación como electrodo libre de aglutinante y, por último, evaluar el efecto de los grupos de ácidos carboxílicos en el desempeño de la celulosa bacteriana como supercondensador.

A continuación, se describe de forma detallada las metodologías empleadas, así como los cambios realizados al proceso experimental, los resultados que se han obtenido, las conclusiones y aspectos a mejorar, así como el trabajo que se recomienda seguir a futuro.

A. Celulosa bacteriana libre de aglutinante: En el artículo de referencia [34] se lleva a cabo un proceso de síntesis asistida con sílice para la producción de nanofibras de celulosa bacteriana con estructura tridimensional y porosidad jerárquica por medio de un proceso de pirolisis para producir electrodos libres de aglutinante, los cuales serán empleados como materiales para supercondensadores. Los autores reportan valores de área superficial de 624 m²g⁻¹, alta meso porosidad y grado de grafitización, así como valores de capacitancia de 302 Fg⁻¹ a una densidad de corriente de 0.5 A g⁻¹

En cuanto a la parte experimental, los autores parten de la neutralización de membranas de celulosa bacteriana (9 cm x 3 cm) realizando lavados con agua desionizada. De igual forma, se prepara una solución de 2.4 g de Bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) con 90 mL de agua destilada bajo agitación durante 90 minutos, dicha solución se añade posteriormente a una mezcla de las membranas de celulosa, 150 mL de etanol puro, 375 mL y 6 mL de una solución de amonio al 28%. La anterior mezcla se deja 90 minutos bajo agitación constante para luego añadir 4.2 mL de una solución de tetraetilortosilicato (TEOS), dejando reaccionar dicha muestra durante 24 horas. Posteriormente se realiza el proceso de liofilización de las membranas para consecuentemente realizar la pirolisis de dichas membranas, en un proceso de dos etapas con una velocidad de calentamiento de 2°C min⁻¹ hasta alcanzar los 500°C durante una

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

hora y luego a $5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ hasta alcanzar 800°C durante 3 horas, todo esto bajo una atmosfera de nitrógeno. Finalmente se lava el material con ácido hidrófluorhídrico y se enjuaga con agua destilada hasta rebajar el pH.

Para este caso la estrategia de síntesis con sílice en un nano espacio confinado [35] se emplea con el objetivo de recubrir el material para conservar la estructura tridimensional y aumentar porosidad jerárquica, dicho material es utilizado debido a su versatilidad química, ya que además de proteger el material al interior, permite el ingreso de solventes y reactantes. Este proceso no solo permite mantener una amplia superficie para el acceso de los iones y la transferencia de los electrones al controlar la formación de porosidades, también preserva el grado de grafitización logrado en la pirolisis, el cual suele verse reducido cuando se realizan procesos de funcionalización, dejando como resultado un material modificado con buena conductividad eléctrica, capacitancia y alta tasa de capacidad.

Partiendo de la metodología propuesta por los autores se realizaron algunas modificaciones, principalmente cambiando las cantidades de material usado, dicho proceso se detallará a continuación, así como los cálculos y resultados preliminares obtenidos. Se parte de tres membranas de nanocelulosa neutralizadas (9 cm x 3 cm) con agua desionizada, las cuales se cortaron con un escalpelo. Posteriormente la solución de 7.2 g de CTAB se mezcla con 270 mL de agua desionizada, al mismo tiempo se prepara una mezcla de 7.2 g de celulosa bacteriana, 450 mL de etanol puro, 1125 mL de agua destilada y 18 mL de amoníaco (28%). Se mezclan el contenido de las dos mezclas durante 90 minutos y al final de dicho periodo se adicionan 12.6 mL de TEOS y se deja mezclando durante 24 horas.

Posterior a esto se realiza el proceso de liofilización, bajo una temperatura de -80°C , una presión de 0.08 bar durante un lapso de 48 horas. Al finalizar se obtuvieron tres membranas de celulosa las cuales reportaron un peso considerable (Tabla 11) cabe resaltar que las membranas presentan una contracción volumétrica y rotura de su forma rectangular original, no obstante, los resultados parecen promisorios y el paso a seguir seria realizar el proceso de pirolisis en atmosfera de nitrógeno siguiendo lo descrito por los autores del artículo (una pre carbonización a 500°C/min a 2°C/min por una hora y una carbonización a 850°C a 5°C/min por una hora y se deja enfriar al ambiente), seguidamente se llevaran a cabo las consecuentes evaluaciones fisicoquímicas y electroquímicas.

Celulosa bacteriana modificada con aditivos para la conductividad: A diferencia del proceso anterior, pasamos del uso de un confinamiento del nano espacio con sílice a la obtención de un bio compuesto ternario basado en una matriz de aerogel de celulosa bacteriana que contiene nanopartículas de plata (Ag) y polianilina (PANI) como agentes conductores, cabe destacar que en el artículo de referencia los autores evalúan cuatro rutas de síntesis [36], reportando solamente los mejores resultados. En este caso la ruta BNC/Ag/PANI fue la de mejor desempeño con valores de capacitancia de 357 Fg^{-1} a una densidad de corriente de 0.5 A g^{-1} , con una estabilidad de ciclado del 83 % luego de los 2000 ciclos, así como una densidad energética de 34 Wh kg^{-1} a una densidad de potencia de 459 Wh kg^{-1} .

En la parte experimental los autores parten de una membrana de celulosa bacteriana comercial (4 cm x 3 cm x 0.2 cm), la cual sumergen en 10 mL de agua destilada con pH 12, a continuación llevan la mezcla a 65°C y la agitan durante 15 minutos, posteriormente se agregan 5 mL de nitrato de plata y se deja reaccionar durante dos horas; en este tiempo se da un cambio de coloración de blanco a un color ámbar, finalmente se lava el resultante con agua destilada para remover los excesos de material que no reaccionaron.

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Posteriormente se prepara una solución de 0.5 g de anilina y se disuelve en 20 mL de HCl 0.5 M, seguidamente se sumergen las membranas de celulosa en del anterior paso bajo agitación vigorosa. Seguidamente se añade persulfato de amonio gota a gota para iniciar el proceso de polimerización, dicha mezcla se deja en un baño helado durante 24 horas y las membranas cambian a un color verde oscuro, al finalizar se lleva las muestras a liofilizar.

La estructura tridimensional de la celulosa es ideal como plantilla para la producción de materiales híbridos con compuestos embebidos, en este caso la presencia de las nanopartículas de plata se da por la reducción de los iones metálicos del compuesto de nitrato de plata, proceso debido a los grupos hidroxilos presentes en las macromoléculas de celulosa y que es constatado de forma visual por el cambio de coloración dado de blanco a ámbar durante la síntesis. Dichas nanopartículas cumplen dos roles cruciales para la aplicación de supercondensadores, permiten una buena conductividad eléctrica y un rápido transporte de los iones. En el caso del PANI, un polímero conductor, este es bastante atractivo debido a sus propiedades de pseudo capacitancia farádica, conductividad modificable, síntesis simple, entre otros.

Por otra parte, en el proceso experimental propio al igual que el caso anterior del silicio, se realizaron algunas modificaciones en lo que respecta a las cantidades. Partimos de 8 membranas de celulosa (4 cm x 3 cm), para preparar el agua destilada a pH 12 usamos una solución de 250 mL de hidróxido de sodio (NaOH 1M) la cual se goteará en el agua destilada hasta alcanzar el pH 12, donde se introducen las membranas de celulosa en 10 mL y se agitan por 15 minutos a 65°C, al mismo tiempo se prepara 0.1 g de nitrato de plata (AgNO_3) en 100 mL de agua, de dicha solución se toman 5 mL y se añaden gota a gota (30 gotas/min) a la mezcla de celulosa y agua con pH 12, se dejan en agitación durante dos horas, en este tiempo la celulosa da el cambio de coloración mencionado anteriormente.

Posteriormente se preparan una solución de HCl al 0.5 M junto con 0.5 g de anilina y se ponen en agua destilada, se lavan las membranas de color ámbar y se sumergen en 180 mL de la solución que se acaba de preparar. Mientras que la anterior mezcla se está agitando se prepara persulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) al 0.2 M, la cual es añadida y se deja la mezcla en agitación por 24 horas en un baño de hielo a una temperatura de 5°C. Cabe resaltar que al añadir el persulfato el color de la mezcla cambia a violeta y luego de las 24 horas el material queda de un color verde tal y como se indicaba en el artículo.

A continuación, se realiza el proceso de liofilización, bajo una temperatura de -80°C, una presión de 0.08 bar durante un lapso de 48 horas,

Ensamblaje de electrodos para baterías y supercapacitores.

Ensamblaje de electrodos para baterías.

En el caso de las baterías, el electrodo fue preparado usando distintas muestras libres de aglutinante ("free standing") de BNC carbonizadas, así como BNC@ SiO_2 . El material para ánodo se pone sobre un colector de corriente de cobre y se seca durante la noche en un horno de vacío a 80°C. Como electrolito se utiliza LiPF₆ 1M en EC: DMC 1:1 y las celdas moneda se arman dentro de una cámara de guantes con atmosfera inerte de argón y como electrodo se usa litio metálico. Todas las técnicas se evaluaron con una configuración de dos electrodos con ensamble tipo moneda (CR2032). Las baterías se cargan y descargan a diferentes ratios (C-rate) desde 0.2 C hasta 10 C, usando una ventana de entre 0.0 y 3.0 V, y ensayos de voltametría cíclica en una ventana de 0 a 3 V y ensayos de ciclabilidad de hasta 100 ciclos.

Ambiente

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Electrodo de BNC liofilizada carbonizada para baterías:

Electrodo de BNC liofilizada carbonizada para baterías:

Paso 1: Se corta el electrodo usando un sacabocados y se pone sobre el colector de corriente de cobre (al ser un material para ánodo).

Paso 2: Se ingresa el electrodo a un horno de vacío a 80°C, esto para remover la humedad y evitar ingresar la misma a la cámara de guantes.

Paso 3: Se ingresa el ánodo a la cámara de guantes, luego se monta el ánodo preparado en el paso 1 en una de las tapas de la celda moneda.

Paso 3: Encima se coloca el separador embebido de electrolito (LiPF₆ 1M en EC: DMC 1:1).

Paso 4: Se coloca el litio metálico, luego el espaciador, el resorte y se cierra la celda moneda con una prensa.

Caracterización electroquímica – coin cell.

Como en este caso solo se quiere evaluar el comportamiento del material para ánodo, formado por NCB, se probó contra litio metálico. La batería se ensambla en una cámara de guantes, el desempeño electroquímico del material para ánodo se evalúa en una celda tipo moneda 2032 de 20 mm, usando un separador polimérico comercial Cellgard, litio metálico como cátodo y como electrolito LiPF₆ 1 M en ED:MC 1:1 de sigma aldrich. Las pruebas electroquímicas se realizan en un potenciostato autolab multicanal. Primero se realizan las pruebas de carga y descarga, luego se evaluarán diferentes valores de C, ensayos de voltametría cíclica y por último la ciclabilidad para determinar el desempeño neto del material. Ensamblaje de supercondensadores.

Preparación del material activo.

La preparación del electrodo se realizó por medio de dos rutas, la primera consiste en la mezcla de materiales en relación másica 80:10:10 (material activo, agente de la conductividad (negro de humo) y PTFE dispersado en agua al 60 % como aglutinante). La mezcla se secó a 100 °C en un horno de convección forzada por 12 h. Posteriormente, se dispusieron 8 mg de la mezcla seca sobre un disco de grafito de 12.2 mm de diámetro, y con ayuda de un molde pastillero se le aplicó una presión de 2 Ton métricas durante 5 min, obteniéndose una masa dispersa de espesor uniforme. Posterior a esto, la muestra se dejó impregnando en 1 M H₂SO₄ durante una semana. Por su parte, los separadores de fibra de vidrio se sumergieron en 1 M H₂SO₄ por 3 días, con el objetivo de lograr una buena impregnación.

De igual forma, se explora otra ruta de preparación para los electrodos en la cual no se usa aditivos para la conductividad ni aglutinantes, es decir, se usa el material carbonizado directamente como el electrodo de trabajo. El electrodo de celulosa es cortado con un sacabocados de 1.3 cm de diámetro y se dejan impregnando en bien sea 1 M H₂SO₄ o 6 M KOH durante 5 días, dichos electrodos se colocan sobre un colector de corriente de papel grafito cortado con el mismo diámetro y luego se impregna el separador de fibra de vidrio con aproximadamente 2 mL del electrolito correspondiente, este se prueba en una celda swagelock.

Construcción de electrodo tipo – coin cell para supercondensador.

Para la construcción de la coin cell se empleó como material activo el carbón activado BNC-KOH600, que se soportó sobre papeles de grafito e impregnados

226



"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

previamente con H_2SO_4 1 M. El ensamble se realizó con una prensa MTI, utilizando coin cell tipo CR2032 selladas a una presión de 1000 psi.

Construcción de electrodo libre de aglutinante.

El armado de los supercondensadores, luego de tratar previamente los materiales, se da esencialmente en cuatro pasos como se describirá a continuación:

-Paso 1: Se sacan ambos electrodos de la solución de ácido en la que se encontraba embebidos.

-Paso 2: Se usa un separador de fibra de vidrio, el cual se empapa de H_2SO_4 1 M y se coloca sobre el electrodo de BNC carbonizada.

-Paso 3: Se juntan los dos electrodos para formar el supercondensador "Ensanduchamiento" de los electrodos del paso 2.

-Paso 4: Finalmente se montan en la celda plástica que va conectada al potenciostato, donde se harán las distintas medidas electroquímicas.

Caracterización electroquímica - coin cell.

Los supercondensadores son dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica (almacenamiento de carga electrostático) que se caracterizan por tiempos cortos (del orden de segundos) durante la carga y la descarga y son apropiados para tecnologías que requieran suministro de potencia inmediato o reposición de potencia ante interrupciones de suministro de poca duración. Una de las características más atractivas de este tipo de dispositivos para su aplicación práctica es que pueden ser cargados durante ciclos de carga y descarga del orden de millones de veces, sin degradación de los electrodos y sin necesidad de mantenimiento.

Los supercondensadores tipo coin cell CR2032 se construyeron utilizando como electrodos materiales carbonosos con material activo BNC-KOH600 y separados por láminas de fibra de vidrio. Estos dispositivos fueron evaluados inicialmente por medio de diferentes técnicas electroquímicas: Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS), Voltametría cíclica (CV) y Cronopotenciometría (CP) utilizando un electrolito acuoso (H_2SO_4 1 M). Las mediciones se realizaron en el equipo MultiAutolab 204M (Metrohm) utilizando una celda electroquímica de acero inoxidable.

1.15 Disposición final de la muestra.

La muestra se encuentra depositada en la Corporación para Investigaciones Biológicas como *Gluconacetobacter medellinensis* ID 13488.

1.16 Duración del proyecto.

Enero del 2009 a junio del 2022.

1.17 Resultados obtenidos.

- Protocolo que incluye los pasos y parámetros para la obtención de la nanocélulosa bacteriana empleando jugo de fique.
- Protocolo que incluye los pasos y parámetros para la activación y funcionalización de nanocélulosa bacteriana como material activo para electrodos y para el ensamble de dispositivos de almacenamiento de energía.
- Prototipo de una batería tipo semicelda (coin cell) que emplee la BNC activada como material activo en uno de sus electrodos.

Ambiente

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

- Prototipo de un supercapacitor que emplee la BNC activada como material activo en sus electrodos.
- Modelo de negocio con lista de posibles compañías interesadas en la transferencia de tecnología.
- Participación en una conferencia internacional de un estudiante/investigador Colombiano.
- Presentación de los resultados a comunidad académica en Colombia y UK, y a comunidad civil a través de páginas web y redes sociales de UPB, QMUL y Ruta N.
- Realización de un seminario/taller en Colombia, con participación de integrantes del socio en UK, con temática de materiales verdes para almacenamiento de energía.
- Artículo científico sometido.
- Trabajo de grado de maestría.

1.18 Resultados esperados.

- Protocolo que incluye los pasos y parámetros para la obtención de la nanocelulosa bacteriana empleando jugo de fique.
- Protocolo que incluye los pasos y parámetros para la activación y funcionalización de nanocelulosa bacteriana como material activo para electrodos y para el ensamblaje de dispositivos de almacenamiento de energía.
- Prototipo de una batería tipo semicelda (coin cell) que emplee la BNC activada como material activo en uno de sus electrodos.
- Prototipo de un supercapacitor que emplee la BNC activada como material activo en sus electrodos.
- Modelo de negocio con lista de posibles compañías interesadas en la transferencia de tecnología.
- Participación en una conferencia internacional de un estudiante/investigador colombiano.
- Presentación de los resultados a comunidad académica en Colombia y UK, y a comunidad civil a través de páginas web y redes sociales de UPB, QMUL y Ruta N.
- Realización de un seminario/taller en Colombia, con participación de integrantes del socio en UK, con temática de materiales verdes para almacenamiento de energía.
- Artículo científico sometido.
- Trabajo de grado de maestría.

2. CONCEPTO TÉCNICO

El proyecto denominado "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía" presentado bajo el Artículo 6° de la Ley 1955 de 2019." configura acceso a producto derivado porque se aislaron y caracterizaron micro y macromoléculas de nanocelulosa producidas por el metabolismo de *Komagataeibacter medellinensis*.

Las actividades de acceso a producto derivado que se llevaron a cabo desde 2011 hasta 2022, para el proyecto titulado: "**Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía**", **Artículo 6° de la Ley 1955 de 2019.**", se consideran técnicamente viables para ser amparadas mediante un contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, bajo las disposiciones del artículo 6° de la Ley 1955 de 2019.

Así mismo el material biológico mencionado en el numeral 1.6, las áreas geográficas de recolección relacionadas en el numeral 1.9 y el procedimiento de exploración y recolección descrito en el numeral 1.14.1 y 1.14.2 se consideran técnicamente viables para ser acogidos bajo el artículo 6 de la Ley 1955 de 2019. De acuerdo con la viabilidad técnica, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos: El contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados que se llegue a suscribir con este



"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Ministerio, para autorizar el proyecto de investigación titulado "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Figue para aplicaciones en almacenamiento de energía, Artículo 6° de la Ley 1955 de 2019." únicamente ampara a la Universidad Pontificia Bolivariana. Así mismo, de acuerdo con la viabilidad técnica mencionada anteriormente, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 2.1 La Universidad deberá entregar en medio impreso y/o digital a este Ministerio un (1) único **informe**: dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes a cumplirse 6 meses de la firma del contrato. Este debe contener la descripción detallada de los resultados obtenidos en la investigación, el listado de las publicaciones y socializaciones que hubiesen podido derivar (diferentes a las ya mencionadas en el numeral 1.17), descripción detallada de los resultados obtenidos en la investigación, discriminando igualmente las actividades que se desarrollaron para cada uno de los objetivos específicos planteados en el proyecto. Copia de dicho informe deberán enviarse a la Universidad de Antioquia en su calidad de Institución Nacional de Apoyo, evidencia del envío deberá ser remitida al expediente de la solicitud.
- 2.2 Para la liberación de información genética y/o química entendida como secuencias genéticas y estructuras químicas o cualquier otra que se relacione, en bases de datos nacionales e internacionales, obtenida del acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, la Universidad deberá hacer referencia al origen colombiano de las muestras y en la medida en que las exigencias de carácter legal, científico y académico lo permitan, incluir el número del contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados que eventualmente se suscriba, de acuerdo con los lineamientos técnicos dados por el editor o quien haga sus veces para cada publicación.
- 2.3 En el evento en el que la Universidad publique, a cualquier título, deberá hacer referencia al origen colombiano de las muestras y en la medida que las exigencias de carácter legal, científico y académico lo permitan, deberá indicar el número del contrato de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados que eventualmente se suscriba, de acuerdo con los lineamientos técnicos dados por el editor o quien haga sus veces para cada publicación.
- 2.4 La Universidad deberá remitir al Ministerio una copia de los artículos trabajos de pregrado, tesis de posgrado y demás publicaciones científicas derivadas de la investigación nombradas por realizar en el numeral 1.18 y demás publicaciones que puedan derivar de la investigación.
- 2.5 La Universidad no podrá transferir, intercambiar, vender ni transar con terceros a ningún título, ni por dinero ni por especie, ni todo, ni parte de los recursos genéticos o sus productos derivados obtenidos en desarrollo del proyecto, sin previa autorización de este Ministerio, así como tampoco podrá obtener beneficios económicos de ningún tipo a partir de recursos genéticos o sus productos derivados sin que medie autorización expresa para fines comerciales y/o industriales.
- 2.6 La Universidad deberá registrar la información asociada de la totalidad de los especímenes recolectados e identificados que se enumeran en la tabla 1 para el proyecto denominado: "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Figue para aplicaciones en almacenamiento de energía" al Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia (SiB), y enviar el Darwincore y la evidencia del proceso.
- 2.7 La Universidad deberá informar previamente a este Ministerio en caso de que se pretenda una solicitud de patente a partir de los resultados obtenidos de las actividades de investigación del proyecto en relación.
- 2.8 En caso que el proyecto pretenda pasar a una fase comercial de los productos que se generen de la investigación, se deberá presentar una nueva solicitud de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados con fines comerciales ante

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

este Ministerio, anexando el plan de negocios, estudio de mercado o documentos similares que contengan la proyección general sobre las ventas y costos de producción en desarrollo del proyecto, y una propuesta de distribución de beneficios no monetarios que se puedan derivar del acceso a recursos genéticos y sus productos derivados.

3. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS JURÍDICOS DE LA SOLICITUD DE ACCESO

3.1. Identificación del solicitante y capacidad jurídica para contratar

Conforme al certificado de existencia y representación legal expedido por el Ministerio de Educación Nacional que fue aportado por el usuario en su solicitud, se tiene que la Universidad Pontificia Bolivariana (Código:1710) con domicilio en Medellín, es una institución de educación superior privada utilidad común, sin ánimo de lucro y su carácter académico es el de Universidad, con personería jurídica reconocida mediante Resolución No. 48 del 22 de febrero de 1937, expedido por el Ministerio de Gobierno.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establece como identificación del solicitante la siguiente información:

Nombre o razón social: UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA.

NIT: 890.902.922 - 6.

Domicilio principal: Medellín - Antioquia.

Representante legal: DIEGO ALONSO MARULANDA DIAZ.

Cédula de ciudadanía: 98543054 de Envigado.

Apoderada: ANA CECILIA ESCUDERO ATEHORTÚA.

Cédula de ciudadanía: 43615534 de Medellín.

Se consultan los antecedentes disciplinarios y fiscales de la Universidad Pontificia Bolivariana, de su representante legal y de su apoderada.

Consulta	Registro	Persona
PGN	Certificado Ordinario No. 254263593.	Representante Legal
PGN	Certificado Ordinario No. 254263758.	Apoderada
PGN	Certificado Ordinario No. 254263670.	Universidad
CGR	Código de verificación No. 98543054240912114403.	Representante Legal
CGR	Código de verificación No. 43615534240912114537.	Apoderada
CGR	Código de verificación No. 8909029226240912114447.	Universidad

Análisis y conclusión

De conformidad a lo establecido en el literal b) del artículo 32 de la Decisión Andina 391 de 1996, el solicitante del acceso al recurso genético y producto derivado deberá estar legalmente facultado para contratar en el país miembro donde solicite la autorización de acceso.

En ese sentido, habiendo consultado los antecedentes disciplinarios y fiscales de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), su representante legal y la apoderada de este, en cuanto a la capacidad jurídica para contratar, este Ministerio encuentra que no aparecen incursos en causales de inhabilidad o incompatibilidad previstas en normas vigentes y tampoco tienen antecedentes en asuntos fiscales. En consecuencia, se considera viable aceptar la solicitud de contrato de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados presentada.

Ahora bien, es importante indicar que al momento de la negociación de los términos en los cuales se pretende suscribir el contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Pontificia Bolivariana, y en el evento en que la etapa de negociación concluya exitosamente y las partes logren un acuerdo, el Ministerio procederá a verificar nuevamente los antecedentes fiscales y disciplinarios de su representante legal o por quien se encuentre autorizado para firmar el contrato, para que no incurran en causal

deb

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

de inhabilidad e incompatibilidad sobreviniente conforme lo señala el régimen de contratación estatal y demás normativa vigente aplicable.

No obstante, el representante legal o quien haga sus veces, al momento de la suscripción del contrato de acceso a los recursos genéticos y productos derivados, deberá manifestarlo bajo la gravedad del juramento, lo cual se entenderá prestado con la suscripción del contrato.

3.2. Identificación de la Institución Nacional de Apoyo

La Universidad Pontificia Bolivariana aportó documento de fecha 19 de febrero de 2021 suscrito por Sergio Cristancho Marulanda en calidad de Vicerrector de Investigación de la Universidad de Antioquia (UDEA), en donde se indicó lo siguiente:

"Informamos que la Universidad de Antioquia acompañará a la Universidad Pontificia Bolivariana en la ejecución del Contrato de Acceso a Recursos Genéticos del proyecto titulado: "Bacterial Nanocellulose obtained from Colombian Figue plant Biomass Waste for applications in energy storage materials".

En tal sentido, la Universidad de Antioquia, se compromete como Institución Nacional de Apoyo a:

1. Acompañar a la Universidad Pontificia Bolivariana, dando apoyo científico para el acceso al recurso genético y/o producto derivado, a que haya lugar en el desarrollo del contrato.
2. Hacer seguimiento y control del acceso al recurso genético y/o producto derivado, llevado a cabo por la Universidad Pontificia Bolivariana."

Análisis y conclusión

La Decisión Andina 391 de 1996 define que la Institución Nacional de Apoyo, es "la persona jurídica nacional, dedicada a la investigación biológica de índole científica o técnica, que acompaña al solicitante y participa junto con él en las actividades de acceso"; al respecto, frente al presente trámite el Ministerio constata que con el documento allegado por la Universidad Pontificia Bolivariana, se verifica que la Universidad de Antioquia se compromete a acompañar a Universidad Francisco de Paula Santander en los términos de la Decisión Andina 391 de 1996.

En ese sentido, teniendo en cuenta que la Universidad de Antioquia es una Institución de educación superior, organizada como Ente Universitario Autónomo con régimen especial y cuyo objeto la búsqueda, desarrollo y difusión del conocimiento en los campos de las humanidades, la ciencia, las artes, la filosofía, la técnica y la tecnología, mediante las actividades de investigación, de docencia y de extensión se concluye que cumple con los requisitos establecidos por la Decisión Andina 391 de 1996. Por lo tanto, es una persona jurídica idónea para acompañar a la UPB durante el desarrollo de las actividades de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados.

Así mismo, conforme al artículo 43 de la Decisión 391 de 1996 el cual dispone que: "(...) Sin perjuicio de lo pactado en el contrato accesorio e independientemente de éste, la Institución Nacional de Apoyo estará obligada a colaborar con la Autoridad Nacional Competente en las actividades de seguimiento y control de los recursos genéticos, productos derivados, o sintetizados y componentes intangibles asociados, y a presentar informes sobre las actividades a su cargo o responsabilidad, en la forma o periodicidad que la autoridad determine, según la actividad de acceso (...)", se establece que la UDEA, en su condición de Institución Nacional de Apoyo, deberá realizar las actividades de seguimiento y control que le impone la Decisión Andina 391 de 1996, en los términos que se establezcan en el eventual contrato de acceso a los recursos genéticos y productos derivados que se suscriba entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Pontificia Bolivariana.

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

3.3. Identificación del proveedor de los recursos biológicos y/o del componente intangible asociado al recurso genético o producto derivado.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Laboratorio GRINBIO de la Universidad de Medellín.

Análisis y conclusión

Inicialmente, es importante indicar que conforme a lo establecido en el artículo 42 del Decreto Ley 2811 de 1974, por el cual se expide el Código de Recursos Naturales: "Pertenecen a la nación los recursos naturales renovables y los demás elementos ambientales regulados por este Código que se encuentren en el territorio nacional, sin perjuicio de los derechos legítimamente adquiridos por particulares (...)".

Con posterioridad, con la expedición de la Constitución Política de 1991, Colombia se convierte en un Estado Social de Derecho, de tal suerte que no solo se promueve el reconocimiento por los derechos y garantías fundamentales, los mecanismos jurídicos para su defensa y el respeto por la dignidad humana, sino también se le imponen una serie de obligaciones al Estado colombiano, dentro de las cuales se encuentra el artículo 81 constitucional, mediante el cual se le imprime el deber de regular el uso de los recursos genéticos en todo el país de acuerdo con el interés nacional.

Ahora bien, de forma primigenia, con la expedición de la Ley 165 de 1994, a través de la cual se aprobó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), se proporcionó por primera vez, un marco jurídico para las acciones concertadas de preservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. Lo anterior, aterrizado en el campo de los recursos genéticos como bienes estatales, se describe el numeral 1° del artículo 15 de esta ley, el cual señala que: "En reconocimiento de los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales, la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos incumbe a los gobiernos nacionales y está sometida a la legislación nacional".

Así mismo, dentro de los objetivos del Convenio referido se encuentra la promoción y la utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica, y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante el uso adecuado de estos, una transferencia apropiada de tecnología y una acertada financiación.

Años más tarde, la Comunidad Andina del Acuerdo de Cartagena, profirió la Decisión Andina No. 391 de 1996, instrumento regional que comprende el Régimen Común sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y Productos Derivados. En el artículo 5 de la mencionada decisión, se señala que "son los países quienes ejercen soberanía sobre sus recursos genéticos y sus productos derivados y en consecuencia determinan las condiciones de su acceso (...)".

Posteriormente, ante la necesidad de tener claridad sobre el régimen jurídico del dominio aplicable a los recursos genéticos, este Ministerio elevó una consulta a la Sala de Consulta y Servicio Civil del Consejo de Estado, la cual fue resuelta mediante el concepto del 7 de agosto de 1997, radicación 977, Consejero Ponente: Cesar Hoyos Salazar, en la cual se determinó que los recursos genéticos son bienes de dominio público y pertenecen a la Nación, por formar parte de los recursos o riquezas naturales de la misma.

Aunado a lo anterior, el alto Tribunal concluyó: "El régimen jurídico de propiedad aplicable a los recursos genéticos, de utilidad real o potencial, es el establecido para los bienes de dominio público, en forma general en la Constitución Política, y de manera particular, en la Decisión 391 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, en el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 165 de 1994 y en las demás disposiciones legales que en el futuro se expidan sobre la materia".

Teniendo en cuenta la distinción existente entre los diferentes regímenes de propiedad aplicables a escala de los recursos biológicos y genéticos, es importante indicar al interior del trámite de acceso a los recursos genéticos en Colombia, el recurso biológico que

amb

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

contiene a los recursos genéticos sobre los cuales se realizan actividades de acceso, puede ser obtenido bajo las siguientes circunstancias:

- a) Uso de los especímenes de la diversidad biológica depositados en colecciones biológicas que hacen parte del Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas del Sistema de Información sobre la Biodiversidad Colombiana – SiB, del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", en los términos del Decreto 1375 de 2013.
- b) Actividades de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica, en los términos del Decreto 1376 de 2013.
- c) Adquisición del recurso biológico a través de contrato de compraventa o contrato de donación realizado entre el usuario y el propietario en los términos establecidos en la legislación civil o comercial.
- d) Cuando el usuario acredite la titularidad del recurso biológico usado en las actividades de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados.

Ahora bien, en el presente trámite se indicó por parte de la UPB que los recursos biológicos que contienen a los recursos genéticos y productos derivados accedidos provinieron de vinagre obtenido de la plaza minorista de Medellín, de la cual fueron aislados muestras de microorganismos fotosintéticos que correspondieron a proyectos asociados al laboratorio GRINBIO de la Universidad de Medellín. Estas muestras, posteriormente fueron incluidos en el listado de aislamientos microbiológicos de la colección MICROCIB, que fue registrada ante el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

En ese sentido, sin perjuicio de los documentos que acrediten la procedencia del recurso biológico utilizado y habiendo concluido que el régimen jurídico de propiedad aplicable a los recursos genéticos y productos derivados será el que esté establecido para los bienes de uso público por la normatividad vigente, se concluye que es el Estado representado en la Nación colombiana quien provee el recurso genético y producto derivado accedido en desarrollo del proyecto denominado: "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Figue para aplicaciones en almacenamiento de energía".

En ultimas, será el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como Autoridad Nacional Competente quien otorgue el correspondiente contrato de acceso a los recursos genéticos y productos derivados a la UPB, de conformidad a lo establecido en la Decisión Andina 391 de 1996, el Decreto 620 de 1997, el Decreto Ley 3570 de 2015 y bajo el amparo del artículo 6° de la Ley 1955 de 2019.

Finalmente, en la solicitud presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana no se encontró que haya habido acceso a un componente intangible asociado al recurso biológico que contiene el recurso genético y producto derivado.

3.4. Contratos Accesorios

De conformidad a lo establecido en el artículo 41 de la Decisión Andina 391 de 1996, los contratos accesorios son aquellos que se suscriben, entre el usuario y un tercero a efectos del desarrollo de actividades relacionadas con el acceso al recurso genético o sus productos derivados. En ese sentido, la referida decisión enmarca los diferentes tipos de contrato accesorio que se pueden suscribir, a saber, entre el solicitante y:

- a) El propietario, poseedor o administrador del predio donde se encuentre el recurso biológico que contenga el recurso genético;
- b) El centro de conservación ex-situ;
- c) El propietario, poseedor o administrador del recurso biológico que contenga el recurso genético; o,

Ambiente

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

- d) La institución nacional de apoyo, sobre actividades que ésta deba realizar y que no hagan parte del contrato de acceso.

Ahora bien, es importante indicar que, de conformidad al instrumento regional mencionado, la celebración de un contrato accesorio no autoriza el acceso al recurso genético o su producto derivado, y su contenido se sujeta a lo dispuesto en el contrato de acceso.

Análisis y conclusión

En ese orden ideas, revisada la petición radicada por la UPB, se vislumbra que se está frente a una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y productos derivados, bajo el amparo de lo establecido en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019. Al respecto, no se vislumbra que el usuario haya suscrito contratos accesorios en los términos de la Decisión Andina 391 de 1996.

No obstante, por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana, se allegó documento suscrito por parte de Sinar David Granada, en calidad de Investigador Encargado de la colección MICROBIB, mediante el cual se indicó que la muestra correspondiente a la cepa *Gluconacetobacter medellinensis* fue incluida en un listado de aislamientos microbiológicos de la colección MICROBIB, la cual fue registrada con el ID No. 13488 en el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

En ese sentido, sin perjuicio de tratarse de una solicitud fundada en hechos cumplidos que ha sido amparada bajo la excepcionalidad de lo dispuesto en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019, el Ministerio acepta acreditado el cumplimiento de lo establecido en el literal b) del artículo 41 de la Decisión Andina de 1996.

3.5. Análisis y aplicación del artículo 6° de la Ley 1955 de 2019.

Por regla general, en Colombia, para acceder a los recursos genéticos y sus productos derivados, los usuarios deben tramitar la solicitud de acceso ante este Ministerio, en los términos de la Decisión Andina 391 de 1996. Sin embargo, por virtud del artículo 6° de la Ley 1955 de 2019, por el cual se expidió el plan nacional de desarrollo 2018-2022, se podrá excepcionalmente suscribir contrato de acceso con aquellos usuarios que inicialmente no contaban con la autorización de esta autoridad.

Al respecto, el mencionado artículo señala lo siguiente:

"Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que a la entrada en vigencia de la presente Ley hayan realizado o se encuentren realizando actividades de investigación con fines de prospección biológica, que contemple actividades de acceso a recursos genéticos y/o sus productos derivados sin contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, tendrán dos años a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, para solicitar ante dicha entidad, el Contrato de Acceso a Recursos Genéticos y sus Productos Derivados".

Teniendo en cuenta lo anterior, al confrontar la solicitud presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana y los requisitos anteriormente indicados, se corroboró que la solicitante cumple con las siguientes condiciones:

- Las actividades de investigación iniciaron en el año 2011, antes de la entrada en vigor de la Ley 1955 de 2019 y pretenden finalizar en el año en el año 2033.
- El proyecto de investigación denominado: "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Figue para aplicaciones en almacenamiento de energía", incluye actividades que configuran acceso a recursos genéticos y sus productos derivados, en los términos establecidos en la Decisión Andina 391 de 1996, el Decreto 1076 de 2015 artículo 2.2.2.8.1.2 y la Resolución 1348 de 2014, modificada parcialmente por la Resolución 1352 de 2017.

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

- La Universidad Pontificia Bolivariana, efectivamente realizó las actividades de acceso sin contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- La UPB radicó su solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, dentro de los dos (2) años siguientes a la entrada en vigor de la Ley 1955 de 2019, es decir entre el 25 de mayo de 2019 y el 25 de mayo de 2021.

En ese orden de ideas, se establece la viabilidad para autorizar las actividades de acceso a los recursos genéticos y productos derivados que fueron llevadas a cabo en desarrollo del proyecto de investigación denominado "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía" bajo la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019.

4. CONCEPTO JURÍDICO

Habiéndose verificado los aspectos anteriormente señalados, se concluye que de conformidad a lo establecido en la Decisión Andina 391 de 1996, es viable jurídicamente la suscripción de un contrato de acceso entre la Universidad Pontificia Bolivariana y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante el cual se amparen las actividades de acceso a los recursos genéticos y productos derivados realizadas en desarrollo del proyecto de investigación denominado: "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía", realizadas durante el mes de enero del año 2009 y el mes de junio del año 2022.

En consecuencia, y de conformidad con lo previsto en el artículo 30 de la Decisión Andina 391 de 1996, en cuanto este Ministerio acepte la solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados mediante acto administrativo, se procederá a la elaboración de la minuta de contrato y a la convocatoria a reunión de negociación de los términos de este.

Durante la etapa de negociación se definirán y acordarán cada una de las cláusulas que deberá contener el contrato de acceso a recursos genéticos y sus productos derivados, entendiéndose que allí se podrán establecer, entre otros, los compromisos y responsabilidades que le atañen tanto a la Universidad Pontificia Bolivariana en su calidad de solicitante, como al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en su calidad de Autoridad Nacional Competente, las formas de control y seguimiento que correspondan.

5. CONCLUSIÓN DICTAMEN TÉCNICO LEGAL

Para finalizar, teniendo en cuenta el análisis de los componentes técnico y legal, se considera que la solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, para el desarrollo del proyecto de investigación denominado: "Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía", es viable técnica y jurídicamente en los términos establecidos en la Decisión Andina 391 de 1996.

En consecuencia, se recomienda a la directora de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos aceptar la solicitud y consecuentemente proseguir a la etapa de negociación de los términos del contrato y su eventual firma con la Universidad, de conformidad con los artículos 30 y 32 de la Decisión Andina 391 de 1996 y bajo lo establecido en el inciso 3° del artículo 6° de la Ley 1955 de 2019.

(...)"

Ambiente

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

FUNDAMENTOS JURÍDICOS

Que el artículo 42 del Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974 por el cual se expide el Código Nacional de los Recursos Naturales indica que: "Pertencen a la Nación los recursos naturales renovables y demás elementos ambientales regulados por este Código que se encuentren dentro del territorio nacional, sin perjuicio de los derechos legítimamente adquiridos por particulares (...)", condición que circunscribe a los recursos genéticos y sus productos derivados, por encontrarse contenidos en los recursos biológicos.

Que el artículo 81 de la Constitución Política, en su inciso segundo, determina que el Estado regulará el ingreso y salida de los recursos genéticos del país, y el uso de estos recursos de acuerdo con el interés nacional.

Que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el organismo rector encargado de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, impulsando una relación de respeto y armonía del hombre con la naturaleza y definir en los términos de la Ley 99 de 1993, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación y protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables con el propósito de asegurar el desarrollo sostenible.

Que de conformidad con el numeral 20 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, corresponde Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, coordinar, promover y orientar las acciones de investigación sobre el ambiente y los recursos naturales renovables, establecer el Sistema de Información Ambiental y organizar el inventario de biodiversidad de los recursos genéticos nacionales.

Que el numeral 21 del artículo 5° de la norma anteriormente citada, indica que es función del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la obtención, uso, manejo, investigación, importación, exportación, así como la distribución y el comercio de especies y estirpes genéticas de fauna y flora silvestre.

Que, a su vez, el numeral 38 ibidem, señala que es responsabilidad de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible vigilar que el estudio, exploración e investigación realizada por nacionales y extranjeros con respecto a nuestros recursos naturales renovables respete la soberanía nacional y los derechos de la Nación colombiana sobre sus recursos genéticos.

Que la Ley 165 del 9 de noviembre de 1994 por la cual se aprobó el Convenio sobre la Diversidad Biológica, tiene como objetivos la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios de se deriven de la utilización de los recursos genéticos, mediante, entre otras cosas, un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos y a esas tecnologías, así como una financiación apropiada.

Que el 2 de julio de 1996, la Comunidad Andina por medio de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, aprobó la Decisión Andina 391 (Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos) instaurando que los países ejercen soberanía sobre sus recursos genéticos y sus productos derivados y en consecuencia determinan las condiciones de su acceso, lo cual rige en armonía con lo



"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

enunciado en el Convenio Sobre Diversidad Biológica, suscrito en Río de Janeiro en junio de 1992.

Que la referida Decisión Andina 391 de 1996, tiene como objetivo la regulación del acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados pertenecientes a los Países Miembros, con la finalidad de definir las condiciones para una participación justa y equitativa en los beneficios derivados del acceso; cimentar las bases para el reconocimiento y valoración de los recursos genéticos y sus productos derivados y de sus componentes intangibles asociados, especialmente cuando se trate de comunidades indígenas, afroamericanas o locales; promover la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos biológicos que contienen recursos genéticos; suscitar la consolidación y desarrollo de las capacidades científicas, tecnológicas y técnicas a nivel local, nacional y subregional y fortalecer la capacidad negociadora de los Países Miembros.

Que el artículo 30 de la referida Decisión Andina 391 de 1996, establece que: *"Al vencimiento del término indicado en el artículo anterior o antes, de ser el caso, la Autoridad Nacional Competente, con base en los resultados del dictamen, los protocolos de visitas, la información suministrada por terceros y, el cumplimiento de las condiciones señaladas en esta Decisión aceptará o denegará la solicitud"*.

Que el Decreto 730 de 1997, designó al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como Autoridad Nacional Competente en los términos y para los efectos de la Decisión Andina 391 de 1996 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena.

Que el numeral 14 del artículo 16 del Decreto Ley 3570 de 2011, por medio del se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible, determinó como función del Director de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, la de adelantar el trámite relacionado con las solicitudes de acceso a recursos genéticos, aceptar o negar la solicitud, resolver el recurso de reposición que se interponga y suscribir los contratos correspondientes.

Que el Decreto 1076 de 2015, por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, regula la investigación científica sobre diversidad biológica y se contempla, entre otras cosas, que aquellas que involucren actividades que configuren acceso a los recursos genéticos, sus productos derivados o el componente intangible, quedaran sujetas a lo previsto en el mismo y demás normas legales vigentes que regulen el acceso a los recursos genéticos.

Que el artículo 6° de la Ley 1955 del 25 de mayo de 2019 por el cual se expidió el plan nacional de desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad", estableció que:

"(...) Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que a la entrada en vigencia de la presente Ley hayan realizado o se encuentren realizando actividades de investigación con fines de prospección biológica, que contemple actividades de acceso a recursos genéticos y/o sus productos derivados sin contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -

"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6° de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

MADS, tendrán dos años a partir de la entrada en vigencia de la presente Ley, para solicitar ante dicha entidad, el Contrato de Acceso a los Recursos Genéticos y sus Productos Derivados. El Ministerio citado podrá otorgar este contrato, aun cuando los especímenes utilizados para las actividades de acceso a recursos genéticos o sus productos derivados señaladas en el inciso anterior no cuenten con los permisos de colecta (...)".

Que mediante la Resolución No. 1756 de 23 de diciembre de 2022, ADRIANA RIVERA BRUSATIN identificada con cédula de ciudadanía No. 51.919.540, fue nombrada en el cargo de Director Técnico, Código 0100, Grado 22, de la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de la Planta de Personal del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y en consecuencia se encuentra facultada para suscribir el presente acto.

En mérito de lo expuesto;

R E S U E L V E

Artículo 1. Aceptar la solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, para amparar las actividades de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados llevadas a cabo en desarrollo del proyecto de investigación denominado: *"Nanocelulosa bacteriana obtenida de residuos de la biomasa de la planta colombiana Fique para aplicaciones en almacenamiento de energía"*, bajo las disposiciones de lo preceptuado en artículo 6° de la Ley 1955 de 2019, y de conformidad con las consideraciones expuestas en la parte motiva del presente acto administrativo.

Artículo 2. Acoger en su integridad el Dictamen Técnico Legal No. 362 del 20 de septiembre de 2024.

Artículo 3. Declarar abierto el proceso de negociación previsto en el artículo 30 de la Decisión Andina 391 de 1996 dentro del expediente RGE - 00477.

Artículo 4. Aceptar a la Universidad de Antioquia, como la Institución Nacional de apoyo para que acompañe a la Universidad Pontificia Bolivariana, en los términos del artículo 43 de la Decisión Andina 391 de 1996 y de conformidad a los términos y condiciones que se pacten en el contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados que se suscriba entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Pontificia Bolivariana.

Artículo 5. Informar a la Universidad Pontificia Bolivariana, que cualquier modificación de las condiciones del proyecto que impliquen alterar lo establecido en los documentos obrantes dentro del presente trámite de acceso a los recursos genéticos y productos derivados, deberá ser informada para su evaluación y autorización. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible supervisará y verificará en cualquier momento el cumplimiento de las obligaciones establecidas en mediante el presente acto administrativo.

Artículo 6. Notificar el contenido del presente acto administrativo a la Universidad Pontificia Bolivariana, a través de su representante legal o de su apoderado debidamente constituido.



"Por la cual se acepta una solicitud de contrato de acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, presentada por la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el amparo de la excepcionalidad establecida en el artículo 6º de la Ley 1955 de 2019 dentro del expediente RGE - 00477".

Artículo 7. En aplicación de los principios de publicidad y transparencia, publicar la presente resolución en la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Artículo 8. Contra la presente resolución procede el recurso de reposición, el cual deberá ser interpuesto dentro de los diez (10) días siguientes a su notificación, de conformidad con lo establecido en los artículos 76 y 77 de la Ley 1437 de 2011, por la cual se expide el Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

NOTIFÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá, D.C. a los 30 SEP 2024



ADRIANA RIVERA BRUSATIN

Directora de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

Proyectó: Cristhian Camilo Gasca Pedraza - Abogado Contratista del Grupo de Recursos Genéticos - DBBSE. *C. Gasca*
Revisó: Luis Alejandro García Romero - Profesional Especializado - DBBSE. *L. García*
Aprobó: Efraín Torres Ariza - Profesional Especializado del Grupo de Recursos Genéticos - DBBSE. *E. Torres*

RGE-00477