

Señora

Directora de la Dirección de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

E. S. D.

Re.:Expediente No. **NC2022/0012263**

Solicitud de Patente PCT entrada en Fase Nacional, para: ***“POTENCIADOR DE FOTOSÍNTESIS A BASE DE NANOPARTÍCULAS HÍBRIDAS DE CARBONO, SU PROCESO DE OBTENCIÓN Y SU USO COMO NANOESTIMULANTES Y NANOFERTILIZANTES EN CULTIVOS AGRÍCOLAS”***

Solicitantes: **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA y KRILLTECH SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS EM ENGENHARIA LTDA**

RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO

MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO, mayor de edad, identificada y domiciliada como aparece al pie de mi firma, obrando en mi calidad de apoderada de las sociedades solicitantes del asunto citado en la referencia, en atención a su oficio **No. 10759** notificado el 10 de julio de 2025, me permito dar respuesta al mismo de la siguiente manera:

1. Modificación a las Reivindicaciones

El Examinador señala lo siguientes sobre las reivindicaciones:

- El capítulo reivindicatorio no es claro, toda vez que los elementos

esenciales de la invención, que deberían ser parte de las reivindicaciones independientes 1 y 4, se encuentran distribuidas en diferentes reivindicaciones. De acuerdo con lo anterior, se sugiere replantear el capítulo reivindicatorio, de manera que las reivindicaciones independientes incluyan todas las características esenciales de la invención que se desea proteger.

- La reivindicación 1 se refiere a las siguientes frases "con propiedades luminiscentes y de transporte de nutrientes y agua" y "activan las proteínas de membrana H^+ -ATPasas", los cuales son resultados a alcanzar y no definen al producto, puesto que la reivindicación incluiría no sólo la solución propuesta en la solicitud, sino todas las alternativas presentes o futuras que permitan llegar a ese resultado. Se sugiere reemplazar por las características técnicas esenciales, estructurales o funcionales, que contribuyen a la obtención de ese efecto.
- La reivindicación 1 no es clara, porque los puntos de carbono híbridos no son suficientes para describir las características técnicas esenciales del producto. Se le recuerda al solicitante que un producto se define por sus componentes y por las proporciones en que éstos intervienen, se sugiere incluir todas las características técnicas esenciales del producto.
- En la reivindicación dependiente 2 se menciona "caracterizado por el hecho que las nanopartículas de carbono", mientras que la reivindicación independiente 1 se refiere a "caracterizado porque comprende puntos de carbono", por lo que no es coherente el producto a reivindicar. Se solicita aclarar que se reivindica.
- Las reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 6 y 7 no son concisas porque las definiciones de "puntos de carbono híbridos", "macronutrientes", "ácido-base parcial", "soluciones ácidas y básicas", "dopante", "micronutriente", "estimulantes" y "matrices ricas en carbono" comprenden un número muy extenso de alternativas, lo que impide establecer claramente el alcance

de la protección. Se sugiere agrupar dichas alternativas teniendo en cuenta que exista una razonable generalización y que cada una de dichas alternativas tenga soporte en la descripción.

- La reivindicación 4 no es clara, menciona los pasos del proceso, pero no describe los reactantes, ni sus concentraciones. Se hace necesario incluir los componentes específicos y aclarar el producto de reacción formado.

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 34 de la Decisión 486 y en vista de las observaciones realizadas por el Examinador, se presenta en esta oportunidad un nuevo pliego reivindicatorio conformado por seis (6) reivindicaciones. Las modificaciones introducidas son las siguientes:

Se ha limitado el alcance de la solicitud de patente exclusivamente en las reivindicaciones relacionadas con los métodos de producción de estimulantes de fotosíntesis basados en nanopartículas de carbono. Estas reivindicaciones destacan el proceso técnico para la formación de nanopartículas de carbono en sistemas de flujo continuo, conforme se describe detalladamente en los documentos presentados.

En conformidad con esta reestructuración, las reivindicaciones anteriormente relacionadas con el producto (reivindicaciones 1 a 3) fueron excluidas del cuadro reivindicatorio. Las antiguas reivindicaciones 4 a 9, correspondientes a proceso, fueron reenumeradas y ajustadas para mayor claridad y precisión, resultando en las siguientes modificaciones:

- Las reivindicaciones 1 a 3 fueron excluidas;
- Las antiguas reivindicaciones 4 a 9 fueron reenumeradas como nuevas reivindicaciones 1 a 6;
- La reivindicación 1 (antigua 4) pasa a ser la reivindicación independiente y las demás reivindicaciones 2 a 9 pasan a ser dependientes de la primera;
- En la reivindicación 1 (antigua 4) los términos “nanopartícula de puntos de carbono” fueron sustituidos por “puntos de carbono híbridos” para mayor claridad y concisión;

- En la reivindicación 4 (antigua 7) se agregó “(...) soluciones ácidas seleccionadas del grupo que comprende (...)” para definir la constitución de las soluciones ácidas y dar mayor claridad;
- En la reivindicación 5 (antigua 8) se agregó “(...) de la materia prima seleccionada del grupo compuesto (...)” para mayor claridad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que la presente solicitud cumple con las disposiciones del Artículo 30 de la Decisión 486.

2. Sobre la novedad

El Examinador afirma que el documento D1 (Wang, Carbon) divulga todas y cada una de las características técnicas esenciales de las reivindicaciones 1 a 3 de la presente invención.

Teniendo en cuenta que las reivindicaciones 1 a 3 no han sido incluidas en el nuevo pliego reivindicatorio, es claro que la objeción formulada a este respecto se debe tener por superada.

3. Sobre el nivel inventivo

El Examinador concluye que la materia de invención recitada en las reivindicaciones 4 a 9 no es inventiva a la luz de las enseñanzas de los documentos D2 (CN108160013) y D3 (Lignos, LNP), de acuerdo con lo indicado en el Artículo 18 de la Decisión 486. Con respecto a lo señalado por su Despacho, mi representada desea poner de presente lo siguiente:

Inicialmente, es importante destacar la diferencia fundamental entre los mecanismos químicos involucrados en la obtención de nanopartículas de sílice descritas en el documento D3 y en la síntesis de puntos de carbono conforme se reivindica en la presente tecnología. El documento D3 describe la preparación de nanopartículas de sílice (SiO_2) por medio de hidrólisis-condensación de tetraetil ortosilicato (TEOS), en medio alcohólico y en presencia de catalizador amoniacal, utilizando cascadas de

micro-CSTRs. Se trata de un mecanismo inorgánico clásico, basado en reacciones de hidrólisis y polimerización de silanos, realizado bajo condiciones suaves de temperatura (25–55 °C) y tiempos cortos de residencia (1,5–5 min).

Por otro lado, el proceso reivindicado se refiere a la síntesis de estimulantes de fotosíntesis basados en puntos de carbono obtenidos a partir de precursores orgánicos (glutaminas, ácidos orgánicos, almidón, etc.), por medio de una neutralización ácido-base parcial seguida de carbonización en régimen turbulento, a temperaturas elevadas (100–250 °C) y presión controlada. Se trata de un mecanismo pirolítico-condensativo, sustancialmente distinto a la formación inorgánica de SiO₂. Así, un técnico en la materia no encontraría motivación para transponer directamente un método de hidrólisis-condensación de sílice a la formación de estimulantes de fotosíntesis basados en puntos de carbono, dada la completa divergencia de mecanismos químicos. Por lo tanto, se evidencia la no obviedad de la presente invención frente al estado de la técnica.

Condiciones Operacionales

En lo que respecta a las condiciones operacionales, existen diferencias significativas que hacen no obvia e incluso inviable técnicamente la simple adaptación del proceso descrito en D3 para la síntesis de puntos de carbono reivindicada.

El documento D3 describe un proceso continuo y controlado para la producción de nanopartículas de sílice con superficies funcionalizadas, utilizando cascadas de microreactores CSTR interconectados con múltiples entradas. La operación se lleva a cabo en una secuencia de reactores en los que se realiza la mezcla de los reactivos, principio básico del CSTR, con variaciones específicas de temperatura a lo largo del proceso.

La secuencia de reacción puede representarse de la siguiente forma: Reactor 1 (3 entradas, 25 °C) → Reactor 2 (2 entradas, 50 °C) → Reactor 3 (0 entrada, 50 °C) → Reactor 4 (2 entradas, 25 °C) → Producto (Figura 01).

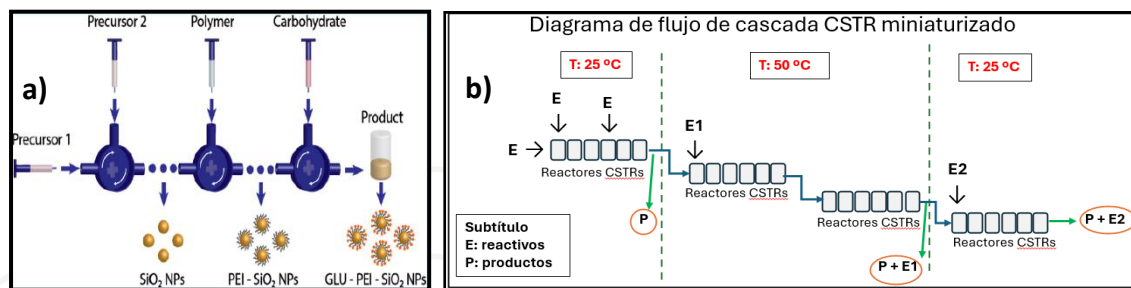


Fig: 01: (a)Figura tomada de D3 representativa del proceso de síntesis y funcionalización de nanopartículas de sílice; (b) Representación esquemática del proceso descrito en D3. Fuente: ACS Appl. Mater. Interfaces 2020, 12, 6699–6706.

De manera resumida, el proceso descrito en D3 se segmenta en etapas conducidas por CSTRs miniaturizados, en las cuales:

- Las nanopartículas de sílice se forman ya en la primera etapa, únicamente por mezcla e hidrólisis del precursor.
- En la etapa siguiente, se adicionan polímeros para el recubrimiento de la superficie.
- La temperatura se ajusta gradualmente a lo largo de la cascada de reactores.
- Finalmente, se adicionan carbohidratos que se acoplan a la superficie polimerizada, formando las nano-sílices funcionalizadas.

Se trata, por lo tanto, de un proceso esencialmente basado en mezclas y tiempo de residencia en CSTRs, sin etapas térmicas intensas ni cambios de régimen de presión.

En contraste, el proceso reivindicado en la presente solicitud de patente se refiere a la producción continua de nanopartículas híbridas con superficies funcionalizadas, a escala piloto (semiindustrial), utilizando una asociación de reactores con arquitecturas y condiciones operacionales distintas, y no miniaturizadas. La Figura 02 ilustra detalladamente los equipos y la secuencia de etapas del proceso.

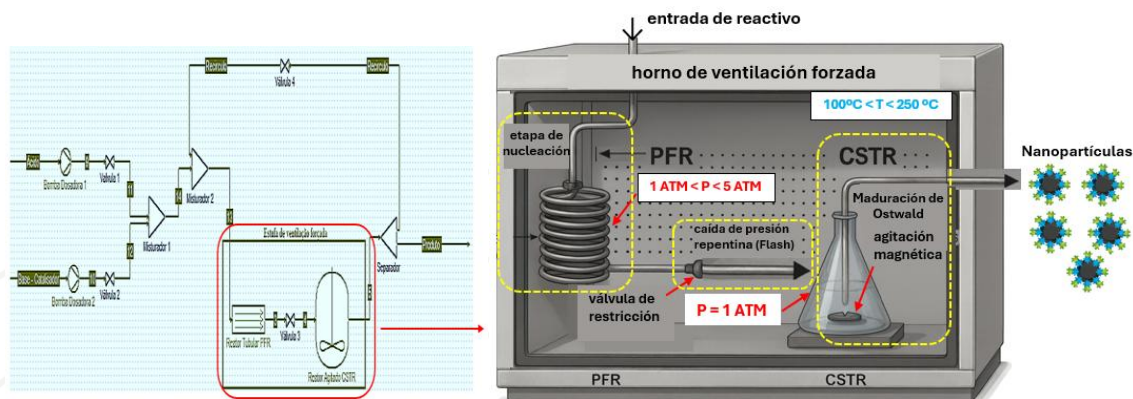


Fig. 02: Descriptivo del proceso de producción de Puntos de Carbono. Fuente: **BR 102020002172-9 A2**

El proceso reivindicado comprende las siguientes fases:

- La solución precursora es bombeada a través de un reactor tubular del tipo plug-flow (PFR), bajo presión superior a la atmosférica y con calentamiento controlado, promoviendo la nucleación controlada en régimen turbulento.
- La mezcla presurizada se descarga entonces a través de una válvula de retención/control, que mantiene la presión interna del PFR y establece una caída abrupta de presión al transferir la corriente hacia un reactor tanque agitado (CSTR) que opera próximo a la presión atmosférica. Esta caída promueve la evaporación parcial (flash) del solvente.
- En el CSTR, la suspensión se mantiene el tiempo suficiente para permitir la maduración de las nanopartículas, con crecimiento orientado por el mecanismo de Ostwald, favoreciendo la obtención de nanopartículas con tamaño medio controlado y distribución homogénea.

La combinación entre nucleación presurizada y la subsiguiente despresurización con evaporación flash permite el control de la sobresaturación, de la tasa de crecimiento y de la estabilidad coloidal de las nanopartículas formadas.

Un punto que puede haber generado confusión es la mención a los "mezcladores" (Mezclador 1 y Mezclador 2), que no son reactores CSTR, sino únicamente conexiones en forma de V, utilizadas para unir dos corrientes de proceso antes de la entrada en los reactores principales.

Principales Diferencias Entre Los Procesos (D3 Vs. Reivindicado):

1. **Control térmico y presurizado:** El proceso reivindicado permite realizar la nucleación a temperaturas más elevadas sin que ocurra ebullición, gracias a la operación bajo presión en el PFR. Esto incrementa la tasa de nucleación y permite un ajuste preciso del tamaño inicial de las nanopartículas (semillas).
2. **Despresurización y maduración controlada:** La caída de presión al descargar hacia el CSTR induce la evaporación rápida del solvente, reduciendo su actividad y alterando la sobresaturación local. Esto favorece el crecimiento controlado de las nanopartículas, además de contribuir a la eliminación del solvente y a la estabilización de la suspensión final.

Comparación entre las Técnicas de Síntesis — Proceso Reivindicado vs Documento D3

1. **Mecanismo de control del tamaño de las partículas**
 - **Proceso Reivindicado:** El control del tamaño ocurre mediante una secuencia operacional que involucra un reactor tubular presurizado (PFR) seguido de un reactor CSTR en régimen atmosférico, con una caída abrupta de presión. La nucleación se concentra en el PFR, en corto tiempo de residencia y bajo presión elevada, generando núcleos homogéneos. La despresurización induce evaporación flash, alterando la sobresaturación y promoviendo el crecimiento vía mecanismo de Ostwald. El control se da por el cambio súbito de las condiciones termodinámicas.
 - **Documento D3:** Se utiliza una cascada de CSTRs miniaturizados, en la cual el control del tamaño depende de tiempos de residencia progresivos y de la mezcla continua. No hay transición brusca de condiciones; el crecimiento ocurre de forma continua, sin separación clara entre nucleación y crecimiento.

2. Distribución del tiempo de residencia (RTD)

- **Proceso Reivindicado:** El PFR proporciona una distribución de tiempo de residencia estrecha, cercana al régimen de flujo pistón, durante la nucleación. Esto resulta en una nucleación sincronizada, con nanopartículas más uniformes.
- **Documento D3:** Cada CSTR individual presenta una RTD exponencial y, aun en cascada, la RTD tiende a ampliarse a lo largo del sistema, lo que puede dispersar el evento de nucleación durante el proceso y dificultar el control preciso sobre la separación entre nucleación y crecimiento.

3. Papel de la presión y de la evaporación

- **Proceso Reivindicado:** La presión elevada en el PFR permite el uso de temperaturas más altas sin ebullición, acelerando la nucleación. La subsiguiente caída de presión induce la evaporación flash del solvente, lo que modifica rápidamente su actividad y la sobresaturación local. Este efecto es central en el control del crecimiento y la estabilización de las nanopartículas.
- **Documento D3:** Los mini-CSTRs operan generalmente bajo presión constante o con variaciones mínimas, sin que ocurran eventos significativos de descompresión. En consecuencia, el proceso no se beneficia de mecanismos de control basados en evaporación flash o en una alteración súbita de la sobresaturación.

4. Efecto en la distribución del tamaño de las partículas (PDI)

- **Proceso Reivindicado:** La clara separación entre las etapas de nucleación, evaporación flash y maduración controlada favorece la obtención de **nanopartículas** con un índice de polidispersidad (PDI) reducido, siempre que los parámetros sean ajustados adecuadamente.
- **Documento D3:** Aunque es posible obtener cierta uniformidad con ajustes finos, el uso de múltiples CSTRs en serie favorece un régimen de “mezcla en

serie”, lo que diluye el control directo de la nucleación y tiende a resultar en un mayor PDI.

Las diferencias presentadas están sintetizadas en la Tabla 01, demostrando la distinción técnica entre los dos procesos, especialmente en lo que se refiere al control de nucleación, dinámica de crecimiento y estabilidad morfológica de las nanopartículas.

Tabla 1. Comparación entre los procesos presentados en D3 y en la presente solicitud de patente.

	Artigo D3 Lignos et al., 2020	Patente UnB, Embrapa, KrillTech
Equipos	Miniaturas de CSTR	Reactor PFR en Serie con CSTR
Fase	Líquida	Líquido-gaseosa
Etapas de reacción	Disolución	Nucleación + Evaporación Flash + Maduración
Volumen	3,2 mL	3000 mL
Temperatura	$25^{\circ}\text{C} < T < 50^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C} < T < 250^{\circ}\text{C}$
Caudal	0,2–0,9 mL/min (síntesis)	3 - 30 mL/min
Presión:	P: 1 ATM	1,0 ATM < P < 5,0 ATM (PFR), CSTR: 1 ATM
Tiempo de residencia	10 mim	> 2,5h (llenado del sistema)
Funcionalización	Multietapas	Nanopartículas ya funcionalizadas
Solvente	Varios	Único
Tipo de nanopartículas	Si (inorgánicas)	C (orgánicas)

Así entonces, es claro que la materia objeto de protección es inventiva frente a los documentos citados.

4. Pago por un Nuevo Examen de Patentabilidad y por Reivindicaciones Adicionales

De conformidad con lo establecido en el literal d) del Título X de la Circular Única, numeral 1.2.2.5.1., y en vista de las modificaciones introducidas en esta oportunidad, se anexa copia del recibo por concepto de solicitud de un nuevo examen de patentabilidad para las reivindicaciones modificadas.

Se solicita atentamente tener en cuenta estos pagos, a fin de realizarse un nuevo examen de patentabilidad sobre toda la materia presentada.

5. Conclusión

En vista de las modificaciones introducidas en esta oportunidad y los argumentos que se presentan, es posible establecer que las reivindicaciones cumplen con los requerimientos de la Decisión 486.

6. Anexos

- Nuevo pliego reivindicatorio conformado por seis (06) reivindicaciones.
- Copia del recibo de pago por concepto de modificaciones a las reivindicaciones.
- Copia del recibo de pago por concepto de examen de patentabilidad adicional.

Señora Directora,


Margarita Castellanos Abondano
C.C. No. **39.779.654** de Bogotá
T.P.A. No. **70.819** del C.S.J.
Calle 117 No. 5A-35 - Bogotá, D.C.
Teléfono: 7560770

Bogotá, D.C.

mgm

P5813



**Superintendencia de
Industria y Comercio**

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2022/0012263
Recibo: 25-189587
Fecha: 30/09/2025

MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO
CC: 39.779.654
Pago PSE No: 1168257
CUS: 1814366579

Patente PCT
POTENCIADOR DE FOTOSÍNTESIS A BASE DE NANOPARTÍCULAS HÍBRIDAS DE CARBONO, SU PROCESO
DE OBTENCIÓN Y SU USO COMO NANOBIUESTIMULANTES Y NANO FERTILIZANTES EN CULTIVOS
AGRÍCOLAS

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-03	Modificaciones / Correcciones al registro Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 225,000	\$ 225,000
TOTAL					\$ 225,000

Página 1

Sede Centro: Carrera 13 No.27-00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá D.C. - Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: contactenos@sic.gov.co Conmutador: (571)5870000 Contact Center: (571)5920400



**Superintendencia de
Industria y Comercio**

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2022/0012263
Recibo: 25-189607
Fecha: 30/09/2025

MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO
CC: 39.779.654
Pago PSE No: 1168280
CUS: 1814432668

Patente PCT
POTENCIADOR DE FOTOSÍNTESIS A BASE DE NANOPARTÍCULAS HÍBRIDAS DE CARBONO, SU PROCESO
DE OBTENCIÓN Y SU USO COMO NANOBIUESTIMULANTES Y NANO FERTILIZANTES EN CULTIVOS
AGRÍCOLAS

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-01	Solicitud examen de patentabilidad Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 1,522,000	\$ 1,522,000
TOTAL					\$ 1,522,000

Página 1

Sede Centro: Carrera 13 No.27-00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá D.C. - Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: contactenos@sic.gov.co Conmutador: (571)5870000 Contact Center: (571)5920400