

Doctora
SANDRA ISABEL CALDERON RODRIGUEZ
Directora de Nuevas Creaciones
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
Bogotá D.C.

Referencia: Expediente **No. NC2022/0006809**
Respuesta al requerimiento técnico consignado en el Oficio No. 4531 del 13 de marzo de 2026, con relación a la solicitud de patente titulada **“COMPOSICIÓN Y MÉTODO PARA INMOBILIZAR MICROORGANISMOS EN CÁPSULAS BIOPOLÍMERICAS DE HIDROGEL”**
Solicitante: CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA – AGROSAVIA.

En relación con el expediente de la referencia y dando respuesta al último requerimiento recaído sobre este asunto, dentro de término otorgado para el efecto, se envía un nuevo pliego reivindicatorio donde se completaron los requisitos mencionados y se realizaron las correcciones de errores materiales en virtud del artículo 34 de la Decisión 486. Conforme a lo requerido se precisa lo siguiente:

1. De la solicitud de patente

1.1. Reivindicaciones (Art. 30 Decisión 486)

Con el ánimo de superar las objeciones allegadas en el examen de patentabilidad y brindar mayor claridad a la materia reivindicada, se presenta un nuevo capítulo reivindicatorio, que reemplaza al capítulo reivindicatorio presentado el 20 de noviembre de 2025. El capítulo reivindicatorio modificado adjunto contiene las reivindicaciones 1 a 10, cada reivindicación conservando la estructura, su preámbulo e indicando el objeto de la invención, así como las características técnicas que se desean proteger y que distinguen la invención, cumpliendo con lo establecido en el artículo 30 de la Decisión 486.

Teniendo en cuenta lo anterior, se han realizado, entre otros, los siguientes cambios:

- En atención al requerimiento emitido por el Despacho respecto de la necesidad de definir las proporciones de todos los componentes que conforman la composición reivindicada, se reformuló la reivindicación 1 con el propósito de mejorar su claridad y delimitación técnica, incorporando expresamente los rangos de concentración y proporciones previamente contenidos en las reivindicaciones dependientes y soportados en la descripción originalmente presentada. En particular, se incluyeron las proporciones correspondientes al polímero biodegradable, material de relleno-estructura, protector de secado, hidrogel superabsorbente y agente entrecruzante, manteniendo las mismas bases de cálculo y unidades originalmente divulgadas (% p/p, % p/v y molaridad).

Adicionalmente, se reorganizó la estructura de la reivindicación para presentar de manera más clara los componentes esenciales de la composición y su relación dentro de la matriz polimérica, eliminando expresiones funcionales y modalidades preferidas que podían generar ambigüedad interpretativa. Los cambios efectuados no incorporan materia nueva, sino que corresponden a una reorganización y consolidación de características ya descritas y reclamadas en las reivindicaciones 2 a 6 del pliego presentado anteriormente, con el fin de atender las observaciones de claridad formuladas por el Examinador. Entre las precisiones realizadas se colocaron las proporciones tal como señala el examinador de la siguiente manera:

- Polímero biodegradable (pectina amidada): entre el 1% y el 80% p/p en base seca de la matriz polimérica.
- Material de relleno con capacidad de intercambio catiónico (biochar): entre el 0,1% y el 15% p/p en base seca de la matriz polimérica.
- Protector de secado (polidextrosa): entre el 1% y el 60% p/p en base seca de la matriz polimérica.
- Agente entrecruzante (gluconato de calcio): entre el 5% y el 30% p/p en base seca de la matriz polimérica, a una concentración de 0,05 a 0,2 M.
- Hidrogel superabsorbente (derivado de poliácrlato): se limitó al rango comprendido entre el 0,1% y el 10% p/v con respecto a la matriz polimérica, tal como aparece en la descripción.
- Ingrediente activo: máximo 5×10^9 estructuras de reproducción por gramo de cápsula seca.

Todos estos rangos se encuentran debidamente soportados en las reivindicaciones anteriores, así como en los Ejemplos 1, 4 y 6 de la descripción (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 4), así como en la descripción detallada de la invención.

- En relación con la objeción por falta de claridad de la expresión “*seleccionado de pectina amidada o combinaciones de la misma*”, se reformuló el literal (b) de la reivindicación 1 con el fin de definir de manera inequívoca los polímeros biodegradables que pueden conformar la matriz polimérica. Por este motivo, se incorporaron las alternativas originalmente divulgadas en la reivindicación 6, precisando que el polímero biodegradable puede seleccionarse de pectina amidada, pectina, ácido alginico, alginato de sodio, alginato de amonio, derivados de alginato, derivados de pectina o combinaciones de los mismos. De esta manera, la expresión “*combinaciones de los mismos*” queda claramente referida a las combinaciones entre los polímeros expresamente listados. Igualmente se eliminaron las alternativas: ácido alginico y alginato de amonio, con lo cual la materia reclamada es más concisa y concordante con las modalidades descritas en el parte descriptivo.
- Sobre la objeción a la claridad de la reivindicación 2, se realizó una reformulación de esta con el fin de precisar que el biochar corresponde a una modalidad específica de un material de relleno con capacidad de intercambio catiónico y proveedor de estructura porosa para los microorganismos. En este sentido, la reivindicación 1 también fue modificada para definir que el material de relleno puede seleccionarse de derivados de almidón, derivados de celulosa, metil-celulosa, celulosa microcristalina, biochar, carbón activado, caolín o combinaciones de los mismos, incorporando además el rango de proporción originalmente divulgado para dicho componente. Los cambios efectuados corresponden únicamente a una reorganización e incorporación de materia previamente

contenida en las reivindicaciones 1 y 2 originalmente presentadas, sin introducir materia nueva.

También cabe aclarar que el biochar puede desempeñar simultáneamente la función de material de relleno y de material con capacidad de intercambio catiónico debido a sus propiedades fisicoquímicas derivadas del proceso de pirólisis de biomasa. El biochar corresponde a un material carbonoso poroso con alta área superficial y presencia de grupos funcionales oxigenados en su superficie, tales como carboxilos e hidroxilos, los cuales generan cargas superficiales negativas capaces de adsorber e intercambiar cationes, confiriéndole capacidad de intercambio catiónico¹. Adicionalmente, por tratarse de un material sólido, insoluble y estructuralmente estable, puede incorporarse dentro de la matriz polimérica actuando como material de relleno, contribuyendo al soporte físico de la cápsula, la retención de agua y la protección de los microorganismos inmovilizados.

- En atención a las observaciones respecto de la falta de claridad y coherencia entre las reivindicaciones dependientes 3 a 7 y la reivindicación 1, se reformuló la reivindicación independiente 1 con el fin de incorporar expresamente las alternativas originalmente reivindicadas para los diferentes componentes de la composición, evitando que las reivindicaciones dependientes ampliaran el alcance técnico de la reivindicación de la cual dependen. De esta forma, la reivindicación 1 fue modificada para incluir las alternativas correspondientes al polímero biodegradable, material de relleno, protector de secado, hidrogel superabsorbente y agente entrecruzante, junto con sus respectivos rangos de proporción y concentración divulgados en las reivindicaciones dependientes del pliego reivindicatorio anterior.

De manera concordante, parte de la materia contenida en la anterior reivindicación 3 fue incorporada en la reivindicación 1, quedando la nueva reivindicación 3 limitada a una modalidad preferida en la cual el protector de secado corresponde a polidextrosa en una proporción entre 1% y 60% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca.

Asimismo, las anteriores reivindicaciones 4, 5 y 6 fueron incorporadas dentro de la reivindicación 1 y eliminadas del nuevo pliego reivindicatorio, suprimiéndose adicionalmente las expresiones relacionadas con mecanismos de reacción o etapas de formación de las cápsulas de hidrogel, por corresponder a aspectos propios del proceso de preparación y no a características técnicas que definan directamente la composición reivindicada.

En esta misma línea, la anterior reivindicación 7 fue reformulada y renumerada como reivindicación 4, quedando limitada a modalidades específicas del ingrediente activo comprendido dentro del alcance general ya definido en la reivindicación 1. Cabe recalcar que los cambios efectuados corresponden únicamente a una reorganización e incorporación de materia previamente contenida, sin introducir materia nueva o ajena a la materia ya contenida en el pliego reivindicatorio anterior.

En general, Las reivindicaciones dependientes 2 a 6 fueron reformuladas para que **únicamente limiten y precisen** las características ya definidas en la Reivindicación 1, sin ampliar su alcance técnico. En cada caso, la reivindicación dependiente especifica una

¹ Domingues, R.R.; Sánchez-Monedero, M.A.; Spokas, K.A.; Melo, L.C.A.; Trugilho, P.F.; Valenciano, M.N.; Silva, C.A. Enhancing Cation Exchange Capacity of Weathered Soils Using Biochar: Feedstock, Pyrolysis Conditions and Addition Rate. *Agronomy* 2020, 10, 824. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060824>

modalidad preferida concreta de un componente ya listado en la reivindicación independiente, en concordancia con los requisitos del artículo 30 de la Decisión 486.

- Se eliminaron las expresiones: “*por lo menos*” y “*entre otras*”, en la anterior reivindicación 10 (ahora renumerada como reivindicación 7) y se eliminaron las expresiones “*preferiblemente*” y “*más preferiblemente*”. Así mismo se aclara que con las modificaciones realizadas a la reivindicación independiente 1, las dos reivindicaciones independientes mantienen la consistencia entre sí, al hacer referencia los mismos elementos o componentes.
- La materia de la anterior reivindicación 11, fue incorporada en la nueva reivindicación independiente 7, haciendo más específica la materia reclamada en este nuevo pliego.
- Finalmente, respecto a las observaciones en contra de las anteriores reivindicaciones 12, 13 y 14 (reformuladas y renumeradas como reivindicaciones 8, 9 y 10 en el nuevo pliego reivindicatorio), se modificó su redacción con el fin de vincular los efectos de liberación y conservación del principio activo a condiciones técnicas y operativas concretas asociadas a las cápsulas de hidrogel secas obtenidas mediante el método de la reivindicación 7, evitando definir la invención exclusivamente por el resultado obtenido. De esta manera, las nuevas reivindicaciones establecen condiciones específicas tales como la exposición de las cápsulas a medios líquidos bajo agitación y rangos de pH determinados, su disposición en suelo sin requerimientos de agitación, así como la presencia de un protector de secado en las cápsulas obtenidas, relacionando dichas características con la liberación y conservación del principio activo.

Se puede apreciar que las reivindicaciones 8, 9 y 10 fueron reformuladas para describir condiciones técnicas específicas del método bajo las cuales se logra la liberación y conservación del principio activo, evitando definir el objeto exclusivamente por el resultado a alcanzar.

- En consecuencia, las modificaciones introducidas permiten delimitar técnicamente el método reivindicado y superar las objeciones de claridad formuladas por el Despacho, sin incorporar materia nueva, toda vez que las características incluidas se encuentran debidamente soportadas en las reivindicaciones anteriormente presentadas.

Además de los cambios mencionados arriba, el resto de las reivindicaciones se mantienen en el capítulo, pero se encuentran dispuestas de la siguiente forma:

<u>NUEVA</u>	<u>ANTIGUA</u>	<u>NUEVA</u>	<u>ANTIGUA</u>
Reivindicación 1 →	1 - 6	Reivindicación 6 →	9
Reivindicación 2 →	2	Reivindicación 7 →	10 y 11
Reivindicación 3 →	3	Reivindicación 8 →	12
Reivindicación 4 →	7 y 1	Reivindicación 9 →	13
Reivindicación 5 →	8	Reivindicación 10 →	14

El capítulo reivindicatorio modificado solventa todas las objeciones trasladadas y cumple con el requisito de claridad de acuerdo con el artículo 30 de la Decisión 486, toda vez que el nuevo pliego es claro, conciso y está enteramente sustentado en la descripción. Igualmente, el nuevo pliego cumple con lo establecido en el Artículo 34 ya que no presenta ampliación de la materia divulgada en la solicitud inicial.

1. Examen de Patentabilidad

El examinador considera que la presente solicitud se encuentra anticipada por los siguientes documentos:

Ítem	Documento	Título	Fecha de publicación
D1	ES2006652	“Un procedimiento y un equipo de fabricación de una estructura de inclusión de al menos una sustancia activa, así como utilización de tal estructura”	01 de mayo de 1989
D3	WO2020021549A1	“ENCAPSULATED MICROORGANISMS AND METHODS OF USING SAME”	30 de enero de 2020
D4	US20180070586A1	“ENCAPSULATED BIOCONTROL AGENTS”	15 de marzo de 2018

Al respecto, nos permitimos presentar los siguientes argumentos que demostraran porque la materia de la presente solicitud es novedosa e inventiva frente a los documentos divulgados:

Nivel Inventivo (Art. 18 D486)

a. Reivindicación Independiente 1

El examen de patentabilidad considera que la materia de la reivindicación 1 carece de nivel inventivo, argumentando que la única diferencia frente al documento D1 consiste en *que la invención selecciona pectina amidada como polímero biodegradable, biochar como material de relleno, gluconato de calcio como agente entrecruzante presente en una cantidad entre 5% y el 30% p/p de la matriz polimérica en base seca*, lo cual, a juicio del examinador, sería evidente a partir de la enseñanza combinada de los documentos D4 y D1. Al respecto se debe aclarar lo siguiente:

1. El análisis realizado por su Oficina parte de una equivalencia técnica que no se encuentra efectivamente divulgada en dichos documentos. En particular, el documento D4 se refiere a microcápsulas liofilizadas destinadas a prolongar la viabilidad de almacenamiento de microorganismos vivos, cuya estructura, condiciones de preparación y mecanismo de estabilización, difieren sustancialmente de la presente invención, la cual se encuentra dirigida a cápsulas biopoliméricas de hidrogel obtenidas mediante gelificación iónica y secado convectivo. Es evidente que el proceso de gelificación iónica es completamente diferente a un proceso de liofilización, motivo por el cual el documento D4 no es más que una anterioridad general, no un documento realmente cercano a la presente invención.

De igual manera, el documento D4 utiliza microcápsulas core-shell de 60 a 300 μm fabricadas por tecnología ppf (precision particle fabrication) mediante excitación acústica de chorros coaxiales. la presente invención utiliza gelificación iónica por goteo en baño

de sales de calcio, generando partículas de 100 a 6000 μm con matriz homogénea — una técnica completamente distinta, más simple, escalable y compatible con materiales agroindustriales (pectina amidada de bajo costo).

Por otra parte, D4 incorpora lioprotectores como trehalosa y maltodextrina en concentraciones del 10-20% w/v, sustancias diseñadas específicamente para proteger durante la liofilización. la presente invención utiliza polidextrosa, un compuesto químicamente distinto (polímero de glucosa con enlaces 1,6) que cumple una función dual: (a) protector de secado convectivo (no liofilización) y (b) prebiótico que favorece la viabilidad post-rehidratación. ni la trehalosa ni la maltodextrina están listadas en la presente invención, así como la polidextrosa tampoco está listada en el documento D4. son selecciones funcionalmente intercambiables a nivel conceptual pero no equivalentes a nivel técnico, y los efectos sobre la matriz hidrogel son distintos.

Adicionalmente, el sistema reclamado emplea pectina amidada o alginato de sodio como matriz polimérica y gluconato de calcio como agentes entrecruzantes, componentes que participan en la formación del encapsulado por interacción iónica, aspecto que no es descrito ni sugerido de manera específica por el documento D4. La referencia genérica a “iones calcio” o “cationes divalentes” en D4 no constituye una divulgación específica del uso de gluconato de calcio, cuyas propiedades fisicoquímicas particulares afectan la cinética de liberación de Ca^{2+} , las condiciones de gelificación y la estabilidad de la cápsula obtenida.

2. La composición reivindicada difiere de la materia divulgada por el documento D4 en relación con el ingrediente activo y la forma de cuantificación microbiológica. Mientras D4 se limita a microorganismos vivos, particularmente consorcios bacterianos, en concentraciones expresadas entre 0.1×10^9 y 100×10^9 UFC/mL, la presente invención comprende microorganismos seleccionados de hongos, bacterias, levaduras o mezclas de los mismos, definidos en una concentración máxima de 5×10^9 estructuras de reproducción por gramo de cápsula seca.

Los rangos mencionados no son directamente comparables, dado que D4 utiliza unidades de UFC/mL asociadas a suspensiones líquidas, mientras que la presente solicitud define estructuras de reproducción por gramo de cápsula seca. Asimismo, el término “estructuras de reproducción” comprende formas biológicas distintas a las UFC, incluyendo esporas y otras estructuras viables de propagación microbiana.

3. La Oficina argumenta que la selección de biochar como material de relleno es una variación rutinaria. Respetuosamente disentimos por las siguientes razones técnicas, fundamentadas en datos experimentales propios de la solicitud y en la literatura científica revisada por pares más reciente:
 - a. El biochar no es un relleno fungible con los materiales descritos en D4 y D1. Aunque D1 y D4 mencionan materiales de relleno de forma general, ninguno divulga específicamente biochar como componente funcional dentro de una matriz hidrogel para inmovilización microbiana. En la presente invención, el biochar no constituye un simple sustituto rutinario, sino un material que aporta simultáneamente propiedades de relleno, porosidad y capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo a la estabilidad física de la cápsula y a la protección del microorganismo encapsulado. En consecuencia, la combinación específica de componentes y condiciones reivindicadas no se deriva de manera evidente del estado de la técnica citado, ni existe motivación

clara para que una persona normalmente versada en la materia llegara de manera obvia a la solución propuesta.

- D4 menciona carboximetilcelulosa sódica, metilcelulosa, dextrinas y almidones solubles como materiales de relleno. Estos compuestos son polisacáridos hidrosolubles que actúan como excipientes geológicamente inertes en la formulación. El biochar, por el contrario, es un material carbonáceo poroso con múltiples propiedades activas de relevancia para la supervivencia microbiana:
 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC) alta y funcionalmente distinta: la CIC del biochar de origen vegetal oscila entre 10 y 400 cmolc/kg, ^[2] muy superior a la del caolín mencionado en D1 (3–15 cmolc/kg) y nula para la carboximetilcelulosa, metilcelulosa o dextrinas de D4. Esta propiedad permite al biochar adsorber y liberar gradualmente cationes nutrientes (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+) en el microambiente de la cápsula, sosteniendo la actividad metabólica mínima del microorganismo durante el almacenamiento. Este mecanismo es ausente en todos los rellenos descritos en D4 y D1.
 - Alta porosidad y área superficial específica como refugio físico: la estructura porosa del biochar (mesoporos de 2–50 nm y macroporos de hasta 5 μm) provee refugio físico directo para células microbianas, protegiéndolas del estrés mecánico durante el secado convectivo y la manipulación. ^[3] Estudios recientes confirman que la porosidad del biochar es el mecanismo primario de protección de microorganismos benéficos en formulaciones agrícolas, independientemente de su CIC.^[4]
 - Adsorción de metabolitos tóxicos: los grupos funcionales superficiales del biochar (carboxilos, fenolatos, grupos hidroxilo) permiten la adsorción de metabolitos citotóxicos —ácidos orgánicos, peróxidos de lípidos, etanol— que se acumulan durante el almacenamiento y reducen la viabilidad microbiana. ^[3] Esta función de 'trampa de tóxicos' no es compartida por ninguno de los materiales de relleno divulgados en D4.
 - Modulación de la actividad de agua intraparticular: los grupos oxigenados superficiales del biochar retienen y redistribuyen agua dentro de la cápsula de hidrogel, modulando la actividad de agua (a_w) sin alcanzar niveles letales para el microorganismo. ^[4] Este efecto es cualitativamente diferente del de los rellenos celulósicos solubles de D4, que simplemente modifican la viscosidad de la matriz antes de la gelificación iónica. En síntesis, la CIC del caolín empleado en D1 —único material eventualmente comparable— es estructuralmente distinta a la del biochar: el caolín es un filosilicato de aluminio con baja expansibilidad, baja porosidad y CIC de 3–15 cmolc/kg, que actúa como estabilizante estructural inerte. El biochar es un material carbonáceo con CIC hasta 27 veces mayor, altamente poroso, con grupos funcionales activos múltiples. Constituyen sistemas fisicoquímicos no equivalentes con efectos técnicos cualitativamente distintos sobre la viabilidad microbiana.
- b. La pectina amidada posee propiedades gelificantes únicas no compartidas por el alginato de sodio de D3 ni por los polipectatos de D1. La pectina amidada de bajo metoxilo (LMAP) es una forma modificada de pectina en la que grupos carboxilo son parcialmente convertidos en grupos amida. Esta modificación química confiere propiedades reológicas y estructurales que la distinguen fundamentalmente de los

polímeros descritos en D4 (alginato), D3 (alginato de sodio, PVA, gelatina) y D1 (polipectatos no amidados):

- Gelificación con menor concentración de Ca^{2+} : la amidación de la pectina incrementa su poder gelificante, requiriendo concentraciones de Ca^{2+} significativamente inferiores para formar geles estables. ^[5] Los grupos amida favorecen la formación de puentes de hidrógeno adicionales que estabilizan la red tridimensional, generando geles más resistentes a la sinéresis bajo condiciones de deshidratación convectiva. ^[6] El alginato, en contraste, requiere concentraciones más altas de cationes divalentes y sus geles son más propensos a la sinéresis durante el secado.
 - Geles termoestables y resistentes a pH ácido: a diferencia de la pectina no amidada, la LMAP forma geles que se fortalecen bajo condiciones de pH ácido ($\text{pH} < 6$) — condición típica del suelo agrícola colombiano ($\text{pH} 5,5\text{--}6,5$)—, mientras que el alginato de D3 tiende a desintegrarse en presencia de iones competidores (Na^+ , K^+) abundantes en suelos. ^[6] Esta propiedad es crítica para garantizar la liberación controlada del ingrediente activo en el pH típico del suelo ($5,8\text{--}7,4$) documentada en el Ejemplo 3 de la solicitud.
 - Integridad estructural durante el secado convectivo: la red de gel de la LMAP con Ca^{2+} exhibe mayor elasticidad y menor fragilidad que los geles de alginato durante el secado en lecho fluidizado o bandeja, evitando la fractura de la cápsula y la exposición directa del microorganismo al estrés térmico. El artículo publicado por los propios inventores ^[7] documenta que las cápsulas de pectina amidada (prototipo P2) con gluconato de calcio como entrecruzante mostraron mayor supervivencia al secado del hongo *T. koningiopsis* frente a las cápsulas de alginato (prototipo P1), confirmando la superioridad técnica de la LMAP para este fin específico.
 - Los polipectatos de D1 son pectinas no amidadas empleadas como capa externa de un gránulo multicapa fabricado por coextrusión, un rol estructural radicalmente distinto al de la LMAP en la presente invención, donde el polímero forma la matriz homogénea tridimensional de la cápsula. La Oficina misma reconoció esta diferencia estructural al señalar que *“D1 no constituye el estado de la técnica más cercano”*. Esto es consistente con la literatura, que distingue claramente entre las propiedades reológicas de la pectina amidada y los alginatos o pectinas no amidadas. ^[8]
- c. El hidrogel superabsorbente de poliacrilato no es equivalente a los agentes hidrorretenedores minerales de D1. En el oficio allegado, se equipara el hidrogel de poliacrilato con los 'agentes hidrorretenedores' de D1 (bentonita, caolín, talco, vermiculita). Esta equivalencia es técnicamente incorrecta. La diferencia entre ambas clases de materiales es de naturaleza y no de grado:
- Capacidad de absorción de agua radicalmente superior: un hidrogel superabsorbente de poliacrilato forma redes tridimensionales reticuladas capaces de absorber hasta 300–500 veces su peso seco en agua, liberándola gradualmente en función de la presión osmótica del entorno. ^[9] Las arcillas minerales (bentonita, caolín, talco) solo adsorben superficialmente agua, con capacidades de retención de $<30\%$ p/p. Esta diferencia cuantitativa de dos órdenes de magnitud implica un mecanismo de acción cualitativamente distinto.

- Distribución homogénea de humedad intraparticular: el hidrogel de poliacrilato redistribuye activamente el agua dentro de la estructura de la cápsula, previniendo gradientes de actividad de agua que causan desecación localizada y muerte celular diferencial. Las arcillas, al ser materiales minerales rígidos, no participan en la redistribución dinámica de humedad.
 - Rehidratación rápida y facilitación de la activación del microorganismo: al entrar en contacto con agua en el suelo, el hidrogel de poliacrilato se hincha rápidamente, descompactando la matriz de la cápsula y facilitando la salida del microorganismo al espacio poroso del suelo. Este mecanismo de 'activación' es inexistente en los rellenos minerales de D1. El Ejemplo 3 de la solicitud documenta que la incorporación del hidrogel en la formulación P7 facilitó la liberación del principio activo incluso a pH relativamente ácido (5,8), atributo ausente en formulaciones sin hidrogel.
 - Efecto demostrado sobre supervivencia al secado: el artículo de revisión de *Frontiers in Chemistry* (2024) ^[10] confirma que los hidrogeles poliméricos son superiores a los portadores sólidos minerales para la preservación de conidios de *Trichoderma spp.* durante el secado, conclusión que respalda directamente los datos del Ejemplo 1 de la solicitud (98,34% de supervivencia en P7 frente a <70% en formulaciones sin hidrogel de poliacrilato).
- d. El efecto sinérgico de la tríada pectina amidada – biochar – hidrogel de poliacrilato es el verdadero núcleo inventivo. La combinación de los tres componentes dentro de la matriz de cápsula de hidrogel produce un efecto técnico que no es predecible a partir del estado de la técnica, ni resulta evidente para la persona versada en la materia a partir de los documentos D1, D3 y D4, considerados individual o conjuntamente. Cada componente cumple una función técnica distinta e insustituible:
- Biochar: actúa como reservorio iónico y de metabolitos en el microambiente interno de la cápsula, aportando nutrientes al microorganismo durante el almacenamiento y adsorbiendo compuestos citotóxicos que limitan su viabilidad.
 - Pectina amidada: forma la red estructural tridimensional del hidrogel mediante gelificación iónica con gluconato de calcio, con propiedades pH-dependientes de liberación controlada que permiten la activación del principio activo a pH de suelo agrícola (5,8–7,4). Su elección frente al alginato no es rutinaria: está respaldada por la investigación publicada por los propios inventores, citada en la literatura independiente internacional como referencia para el uso de pectina amidada en formulaciones de bioinsumos.^{[7][8]}
 - Hidrogel de poliacrilato: actúa como reservorio de agua que previene la desecación celular durante el secado convectivo y facilita la rehidratación controlada in situ. Su incorporación secuencial en el método (paso c, antes de la adición del principio activo) garantiza la distribución homogénea del hidrogel en toda la matriz, efecto no reproducible si se incorpora en otra secuencia.

Esta sinergia funcional se sustenta en datos experimentales propios (Ejemplo 1, prototipos P1–P11, Tabla 1) y en la ausencia de cualquier enseñanza en el estado de la técnica que sugiera combinar estos tres componentes específicos en las proporciones y secuencia definidas. El artículo publicado por Cruz-Barrera et al. (2024) ^[7] en el *World*

Journal of Microbiology and Biotechnology —publicado con datos de la misma plataforma tecnológica de la solicitud— demuestra que las cápsulas de pectina amidada con biochar y gluconato de calcio superan a las cápsulas de alginato (el polímero más utilizado en el estado de la técnica) en supervivencia al secado, control de *Rhizoctonia solani* en arroz y estabilidad en almacenamiento. Ningún documento D1, D3 o D4 enseña ni sugiere esta tríada ni su efecto sinérgico sobre la supervivencia al secado y la liberación controlada a pH de suelo agrícola colombiano

4. En relación con el documento D1 cabe mencionar que aunque este pertenece al mismo campo técnico general relacionado con formulaciones para incorporación o protección de microorganismos, dicho documento describe un sistema multicapa obtenido por coextrusión, estructural y funcionalmente distinto de la cápsula biopolimérica de hidrogel basada en una matriz polimérica homogénea obtenida por gelificación iónica que caracteriza la presente invención. Por consiguiente, las enseñanzas de D1 no pueden considerarse equivalentes al objeto reivindicado.

El documento D1 fue publicada en 1989 (hace 37 años a la fecha del oficio) y no menciona en absoluto el concepto de “biochar”, el cual emerge como material agroindustrial técnicamente caracterizado en los años 2000s. la introducción del biochar como material de relleno con capacidad de intercambio catiónico dentro de la matriz no podía derivarse de D1 porque al momento de su publicación el biochar no estaba descrito en la literatura como un commodity con propiedades caracterizadas. De esta forma, **la primera revisión científica peer-reviewed** que establece el biochar como concepto técnico-científico para manejo de suelos y secuestro de carbono es del 2006. Es la referencia fundacional del campo “Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). **Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, 11(2), 395–419. DOI: 10.1007/s11027-005-9006-5”

Adicionalmente, D1 describe un equipo específico (fig. 1 y fig. 2 del documento D1) consistente en tres elementos superpuestos con canales coaxiales y zonas de inyección dispuestas en círculos concéntricos. la presente invención no requiere dicho equipo: se ejecuta con un goteo simple en agitación, lo cual constituye una diferencia fundamental tanto en el aspecto de aparato como en el resultado obtenido.

De igual manera, el documento D1 prevé el uso de “alginatos” entre la lista de *agentes filmógenos* (r11 de D1), pero nunca se combina con biochar, polidextrosa o hidrogel superabsorbente. las pruebas experimentales de D1 (*pseudomonas fluorescens* en matriz nutritiva de algas + bentonita + alginato de calcio) muestran caídas de viabilidad importantes (de 10^9 a 10^4 - 10^5 células/granulado, fig. 4), evidenciando precisamente el problema técnico que la presente invención resuelve mediante una combinación distinta de componentes.

Finalmente, el propio análisis reconoce que D1 no divulga varios de los componentes esenciales de la presente invención, tales como el protector de secado, el biochar o un hidrogel superabsorbente derivado de poliacrilato. En particular, el denominado “*agente hidrorretenedor*” divulgado en D1 corresponde a materiales minerales como bentonita, caolín, talco, vermiculita o montmorillonita, cuya función se limita a la adsorción superficial y retención pasiva de humedad. Tales materiales difieren sustancialmente de un hidrogel superabsorbente derivado de poliacrilato, el cual corresponde a una red polimérica tridimensional capaz de absorber y retener grandes cantidades de agua, generando reservorios internos de humedad que favorecen la rehidratación controlada,

la preservación de la viabilidad microbiana y la liberación progresiva del principio activo. En consecuencia, un agente hidrorretenedor mineral no puede considerarse técnica ni funcionalmente equivalente a un hidrogel superabsorbente polimérico.

5. El hecho de que D1 o D4 divulguen materiales de relleno de manera general no implica que el biochar constituya una simple alternativa obvia. La presente invención emplea específicamente biochar como material de relleno con capacidad de intercambio catiónico, alta porosidad y elevada área superficial, propiedades que le permiten interactuar activamente con la matriz polimérica y contribuir a la estabilización fisicoquímica del sistema, la retención de humedad y la protección del microorganismo encapsulado. Tales funciones difieren de las atribuidas en D1 a materiales como el caolín, el cual se utiliza únicamente como agente hidrorretenedor o estabilizante físico y no como componente funcional de intercambio catiónico dentro de una matriz hidrogel.

Asimismo, ni D4 ni D1 divulgan ni sugieren la incorporación de un protector de secado dentro de una matriz hidrogel biodegradable obtenida por gelificación iónica. La inclusión conjunta de un polímero biodegradable específico, un material de relleno con capacidad de intercambio catiónico, un protector de secado y un hidrogel superabsorbente dentro de una misma matriz polimérica constituye una configuración técnica particular que no se encuentra descrita ni sugerida en los documentos citados. En consecuencia, la presente invención no corresponde a una simple enumeración o agregación de componentes conocidos, sino a una combinación específica orientada a preservar la viabilidad, estabilidad y liberación controlada de microorganismos encapsulados bajo condiciones de secado y almacenamiento, sin que el estado de la técnica aporte una motivación clara que conduzca de manera evidente a dicha solución.

6. De otro lado, su Despacho formula el problema técnico objetivo como: *“¿cómo modificar la composición conocida en D4 para proporcionar una composición alternativa?”*. Respetuosamente sostenemos que esta formulación es incorrecta, pues ignora el efecto técnico diferencial demostrado en la solicitud. El estado de la técnica relativo a la inmovilización de microorganismos benéficos para aplicaciones agrícolas (representado, entre otros, por D1, D3 y D4) presenta limitaciones recurrentes: (i) pérdida significativa de viabilidad celular durante el proceso de secado o liofilización; (ii) liberación no controlada del principio activo en el suelo, frecuentemente demasiado rápida (lavado por riego) o demasiado lenta (encapsulación irreversible); (iii) escasa adaptación de las matrices a las condiciones edáficas de suelos tropicales (pH ácido a neutro, alta humedad relativa, presencia de cationes intercambiables); y (iv) dependencia de tecnologías de encapsulación sofisticadas (electrohilado, extrusión coaxial multinozzle, fabricación por precisión acústica) poco accesibles para productores agrícolas en países en desarrollo. Adicionalmente, esta formulación también es **incorrecta** porque: (i) reduce la invención a la mera provisión de una alternativa, ignorando el efecto técnico diferencial demostrado; y (ii) al plantearse en términos tan genéricos, cualquier modificación de D4 cumpliría con ese problema, lo que conduciría a negar el nivel inventivo de cualquier invención en este campo tecnológico.

De esta forma, el problema técnico objetivo que la invención realmente resuelve se podría plantear: *¿Cómo formular una composición para inmovilizar microorganismos benéficos en cápsulas biopoliméricas que simultáneamente: (i) garantice la supervivencia del principio activo durante el secado convectivo (ii) provea liberación controlada del ingrediente activo; y (iii) extienda la vida útil a temperatura ambiente?*

La presente invención provee como solución una composición de cápsula biopolimérica de hidrogel obtenida por gelificación iónica simple, cuya matriz integra de manera homogénea cinco componentes funcionales (polímero biodegradable, material de relleno con capacidad de intercambio catiónico (biochar), protector de secado, hidrogel superabsorbente y agente entrecruzante) en proporciones específicamente delimitadas. La combinación particular reivindicada permite: (a) preservar la viabilidad de un consorcio mixto de bacterias y hongos durante el secado convectivo (no liofilización) y el almacenamiento prolongado; (b) liberar el principio activo en suelo dentro de las primeras 96 horas bajo rangos específicos de pH y sin requerir agitación externa; y (c) modular la disponibilidad de cationes para la microbiota encapsulada por medio del biochar, prolongando su actividad metabólica en el ambiente edáfico.

Este efecto técnico sinérgico no es abordado por ninguno de los documentos del estado de la técnica, ni individualmente ni en combinación. La Oficina reconoce que D4 es el estado de la técnica más cercano. Sin embargo, D4 describe microcápsulas lioprotegidas cuya viabilidad depende de liofilización, un proceso radicalmente diferente al secado convectivo empleado en la presente invención. La ausencia de un proceso de liofilización en la invención es, en sí misma, una ventaja técnica significativa para escalonamiento industrial, toda vez que el secado convectivo (lecho fluidizado, tambor rotatorio, bandejas) es más económico, escalable y compatible con las condiciones de producción de bioinsumos agrícolas en países en desarrollo, aspectos reconocidos en la literatura técnica especializada.^[1]

Este problema no estaba resuelto por D1 (1989, antes de la era del biochar; que enuncia un sistema multicapa por coextrusión), ni en D3 (diseñado para propagar microorganismos intracapsularmente, no para liberar consorcios pre-cultivados) ni en D4 (exclusivamente para liofilización y almacenamiento, sin datos de liberación en suelo ni compatibilidad con secado convectivo). Por lo tanto, no existiendo en D1, D3 ni D4 una motivación clara “sugerencia, motivación, enseñanza o razón” (manual andino, pág. 218) para combinar específicamente estos cinco componentes en las proporciones reivindicadas para resolver el problema técnico planteado, la presente invención cumple con el requisito de nivel inventivo del art. 18 de la decisión 486.

7. Los datos experimentales de la solicitud demuestran el efecto técnico inesperado. La Oficina señala que los ejemplos no respaldan el efecto técnico alegado, citando que P8 (~10% supervivencia) es inferior a P2 (~90%). Esta interpretación requiere la siguiente contextualización técnica:
 - El prototipo P2 emplea **alginato** como polímero, no pectina amidada. La reivindicación 1 define pectina amidada como polímero formador de la cápsula. La comparación pertinente para evaluar el efecto del hidrogel de poliacrilato sobre la supervivencia al secado es entre prototipos con pectina amidada, donde el prototipo P7 (pectina amidada + biochar + poliacrilato + gluconato de calcio) alcanza 98,34% de supervivencia, frente a prototipos con pectina amidada sin poliacrilato. Comparar P8 (alginato alternativos) con P2 (alginato base) no es relevante para evaluar el objeto de la reivindicación 1.
 - El prototipo P8 emplea **lactato de calcio** como entrecruzante, no gluconato de calcio. La reivindicación 1 define gluconato de calcio como el entrecruzante. La investigación de Humbert et al. (2017), ^[11] confirmada por Chaparro-Rodríguez et al. (2023), ^[12] demuestra que el gluconato de calcio como entrecruzante produce mayor

supervivencia al secado (pérdidas de hasta 4 log CFU) comparado con el lactato de calcio (pérdidas de hasta 6 log CFU). Esto explica la diferencia entre P7 (gluconato de calcio + pectina amidada + poliacrilato, 98,34%) y P8 (lactato de calcio + pectina amidada + poliacrilato, ~10%): el diferencial no se debe al poliacrilato sino al entrecruzante. Este hallazgo es precisamente el que motiva la reivindicación del gluconato de calcio como componente esencial.

- La Tabla 2 (Ejemplo 4) documenta que los prototipos P3 y P4 (con pectina amidada, biochar, gluconato de calcio, sin poliacrilato) mantienen $>1 \times 10^6$ células/cápsula durante más de 6 meses a 8°C y más de 4 meses a 28°C. Este rendimiento de vida útil supera la descripción de D4 para cualquier condición comparable de almacenamiento sin liofilización, lo cual evidencia el avance técnico real frente al estado de la técnica más cercano.
8. Respecto a las reivindicaciones dependientes 2 a 9 (2 a 6 en el pliego modificado), se considera que las mismas sí cumplen con el requisito de nivel inventivo, toda vez que introducen limitaciones técnicas adicionales y modalidades específicas que no se encuentran divulgadas ni sugeridas de manera directa por los documentos D1 y D4. Ahora bien, las nuevas reivindicaciones dependientes adjuntas al presente memorial, delimitan características concretas relacionadas con la selección preferida de determinados componentes, sus proporciones específicas, combinaciones particulares de microorganismos y condiciones funcionales que permiten la liberación y conservación del principio activo, las cuales deben analizarse conjuntamente con la reivindicación independiente modificada y no de forma aislada.

Adicionalmente, ninguno de los documentos mencionados divulga o sugiere la combinación particular de características actualmente reivindicadas, ni existe una motivación clara que conduzca a una persona normalmente versada en la materia a seleccionar específicamente dichas modalidades a partir de las enseñanzas generales del estado de la técnica. En consecuencia, las reivindicaciones dependientes actualmente presentadas aportan limitaciones técnicas adicionales que contribuyen a definir realizaciones particulares no evidentes de la invención y, por tanto, cumplen con el requisito de nivel inventivo.

No obstante, los argumentos anteriores, y con el propósito de delimitar de manera más precisa el alcance de la invención frente al estado de la técnica citado, el pliego reivindicatorio fue modificado tal como se describe en el aparte 1.1 del presente memorial, incorporando expresamente las diferentes alternativas para cada uno de los componentes de la composición, así como sus respectivos rangos de concentración. En consecuencia, la composición actualmente reivindicada corresponde a una formulación mucho más específica y delimitada técnicamente, definida no solo por la selección concreta de los componentes funcionales, sino también por las relaciones cuantitativas entre los mismos dentro de la matriz polimérica, lo cual restringe sustancialmente el alcance inicialmente evaluado y refuerza las diferencias técnicas frente a la materia contenida en los documentos D1 y D4.

b. Reivindicación Independiente 7 (anterior reivindicación independiente 10)

El examen de patentabilidad considera que la materia de la anterior reivindicación 10 carece de nivel inventivo, argumentando que la única diferencia frente al documento D4 consiste en

que, en la invención, la mezcla de la matriz polimérica se realiza en dos pasos y se adiciona un material de relleno que es biochar y se emplea un entrecruzante gluconato de calcio, lo cual, a juicio del examinador, sería evidente a partir de la enseñanza combinada de D4 y D3. Frente a tales consideraciones nos permitimos manifestar lo siguiente:

1. Aunque D3 y D4 se ubican de manera general dentro del campo de encapsulación de microorganismos, ninguno de dichos documentos divulga ni sugiere de manera específica la combinación técnica reivindicada en la presente solicitud, esto es, una matriz polimérica que integra simultáneamente: (i) un material de relleno con capacidad de intercambio catiónico como el biochar, (ii) un protector de secado como la povidona, y (iii) un hidrogel superabsorbente derivado de poliacrilato, configurados de manera conjunta para generar un microambiente protector que preserve la viabilidad microbiana y permita una liberación dirigida del ingrediente activo.

Particularmente, el documento D3 describe partículas encapsuladas cuya capa externa está diseñada para degradarse o ser digerida progresivamente por los microorganismos encapsulados, empleando polímeros tales como PVA, PLA, PLGA, PEG, PEO, entre otros. A diferencia de lo anterior, la presente invención no se basa en un mecanismo de degradación de la cápsula por acción microbiana, sino en la formación de una matriz polimérica estabilizada que actúa simultáneamente como sistema de protección, retención de humedad y liberación controlada del ingrediente activo. Por lo tanto, el principio técnico de funcionamiento de D3 difiere sustancialmente del propuesto en la presente solicitud.

2. Con relación al documento D3, este reivindica una composición deshidratada donde el polímero forma una capa exterior "outer shell" selectivamente permeable que rodea un núcleo interior con los microorganismos, esto es, una estructura core-shell fabricada típicamente por electrohilado o extrusión coaxial (ejemplo 3 de D3). la presente invención no emplea estructura core-shell sino una matriz polimérica homogénea donde todos los componentes (microorganismos, biochar, protector de secado, hidrogel superabsorbente) están distribuidos uniformemente y la cápsula se obtiene por gelificación iónica de pectina amidada o alginato con sales de calcio. son arquitecturas estructuralmente distintas.

D3 enumera el alginato como uno más dentro de una lista amplia de polímeros (PVA, PVP, PEO, PEG, PCL, PU, PGA, PLA, PLGA, PLLA, derivados de celulosa, quitosano, quitina, ácido hialurónico, gelatina, nylon 6, PAN, PLA/PHB y alginato). los ejemplos preferidos de D3 son PVA y gelatina. Ningún ejemplo de D3 trabaja con pectina amidada, ni con biochar como relleno, ni con hidrogel superabsorbente de poliacrilato como componente coadyuvante. D3 menciona expresamente la encapsulación en alginato (Método 1 y 2 del Ejemplo 3), pero la presenta como variante alternativa a la encapsulación drop o por electrohilado, en concentraciones distintas (2% w/v) y sin biochar ni hidrogel superabsorbente. La elección específica de la presente invención (pectina amidada + biochar + povidona + poliacrilato + gluconato de calcio) NO se encuentra en D3 ni puede derivarse de él por una persona normalmente versada en la materia sin ejercicio inventivo.

D3 NO menciona ni sugiere el uso de un MATERIAL DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (biochar) como componente funcional de la cápsula. El propósito declarado de D3 es proteger las cápsulas durante la liofilización y prolongar la viabilidad en almacenamiento; el propósito de la presente invención incluye además la liberación CONTROLADA en suelo bajo rangos específicos de pH y la regulación de la disponibilidad de cationes para la microbiota encapsulada.

D3 no menciona ni sugiere el uso de un MATERIAL CARBONOSO POROSO de origen pirolítico (biochar) como componente funcional de la cápsula. La función técnica del biochar en la presente invención como la capacidad de intercambio catiónico, la alta área superficial específica, porosidad estructural, la retención de humedad, no está descrita en D3. D3 utiliza, en su lugar, materiales hidrocoloides o sales (almidón de maíz, almidón de papa, carboximetilcelulosa o levadura autoclavada en el ejemplo de Przyklenk citado en el antecedente de D3) cuyas funciones se limitan a actuar como rellenos pasivos o nutrientes.

D3 cuantifica concentraciones microbianas en CFU/g de “dehydrated composition” pero no establece un umbral máximo equivalente a 5×10^9 estructuras de reproducción por gramo de cápsula seca. Además, D3 maneja un concepto distinto: prefiere concentraciones bajas ($< 1 \times 10^5$ CFU iniciales) para luego incrementar por propagación intracapsular. La filosofía técnica es diferente: D3 propaga in situ, mientras la presente invención inmoviliza un consorcio ya cultivado para entrega dirigida.

3. Su Oficina argumenta que preparar la matriz polimérica en dos pasos y el uso de biochar y gluconato de calcio son variaciones rutinarias a partir de D4 y D3. Respetuosamente disentimos por lo siguiente:

- El documento D3 describe un proceso de dos pasos en el que el biopolímero (alginato) y los aditivos (leche descremada, glucosa, maltodextrina) se preparan por separado antes de la encapsulación. Sin embargo, la naturaleza de dichos aditivos — polisacáridos solubles de bajo peso molecular, con función exclusivamente crioprotectora— es cualitativamente diferente a la del biochar (material carbonáceo poroso con CIC alta) y la polidextrosa (polisacárido funcional con propiedades osmoprotectoras específicas). ^[1] La selección del biochar como componente de la matriz polimérica en el paso (b) del método no es sugerida ni inducida por D3.
- La secuencia específica del método — disolución de la pectina amidada, preparación de la matriz con biochar y polidextrosa, adición **secuencial** y separada del hidrogel de poliácido, incorporación del principio activo, y gelificación con gluconato de calcio— no es divulgada ni sugerida por ninguna combinación obvia de D4 y D3. La incorporación del hidrogel antes del principio activo (paso c, antes del paso d) asegura la distribución homogénea del poliácido en la red polimérica previa a la encapsulación del microorganismo, maximizando su contacto con el microambiente protegido. Este orden de adición es técnicamente específico y no obvio.
- El paso de adición secuencial del hidrogel de poliácido (paso c del método reivindicado) es una etapa técnica novedosa, no divulgada en D3 ni en D4. Su efecto — la distribución homogénea del hidrogel en la matriz previa a la gelificación — genera el microambiente interno de humedad controlada que, en combinación con el biochar (reservorio iónico y de metabolitos), produce las tasas de supervivencia al secado superiores al 85% documentadas en la solicitud. Este encadenamiento causal entre la secuencia de adición y el efecto técnico final no es predecible ni sugerido por el estado de la técnica.

4. Aun cuando el documento D4 menciona microcápsulas con agentes lioprotectores y polímeros como alginato, el objeto principal de este, es mejorar la supervivencia de microorganismos después de procesos de liofilización y almacenamiento, sin divulgar ni sugerir el empleo combinado de materiales con capacidad de intercambio catiónico,

hidrogeles superabsorbentes y protectores de secado dentro de una misma matriz polimérica con fines de liberación dirigida en aplicaciones agrícolas.

El hecho de que el examen requiera acudir de manera simultánea a múltiples documentos para reconstruir las características reivindicadas evidencia precisamente que la solución propuesta no surge de manera evidente a partir de un único documento del estado de la técnica ni de una combinación natural y directa de las enseñanzas de los mismos. La combinación planteada en el examen, únicamente puede obtenerse mediante un análisis retrospectivo de la invención, utilizando el conocimiento de la presente solicitud como guía para seleccionar y ensamblar elementos aislados provenientes de referencias independientes.

5. De igual manera se afirma que los componentes reivindicados corresponderían a variantes conocidas dentro de las formulaciones microbianas. Sin embargo, el nivel inventivo no debe evaluarse considerando aisladamente cada componente, sino la configuración técnica concreta reivindicada y el efecto funcional derivado de su combinación. En la presente invención, los componentes no constituyen una simple enumeración arbitraria de materiales conocidos, sino una matriz funcional integrada que permite simultáneamente proteger los microorganismos, mejorar su estabilidad, favorecer la retención de humedad y controlar su liberación en campo, objetivos que no son alcanzados ni sugeridos de manera conjunta por D3, D4 o D1.
6. El Manual Andino advierte que el examinador debe realizar *"el esfuerzo intelectual de colocarse en la situación que ha tenido que afrontar el técnico con conocimientos medios en la materia en un momento en que la invención no era conocida, es decir antes de la invención"* (pág. 187). La identificación de D1+D4+D3 como documentos a combinar para reconstruir la invención es posible **únicamente con conocimiento previo de la solicitud**. Un experto en formulaciones de bioinsumos agrícolas en 2022, partiendo de D4 (microcápsulas liofilizadas, tecnología de chorros coaxiales) y sin conocimiento de la presente solicitud, no habría tenido razón técnica alguna para:
 - buscar en D1 (1989, sistema multicapa por coextrusión, campo de recubrimientos de gránulos) la enseñanza de usar pectina o gluconato de calcio, dado que D1 no opera por gelificación iónica;
 - buscar en D3 (sistema core-shell por electrohilado, diseñado para propagación intracapsular de microorganismos, no para entrega de consorcios pre-cultivados) la enseñanza de preparar la matriz en dos pasos, pero con la diferencia sustancial reivindicada en esta invención que reside en la **naturaleza funcional de los componentes añadidos en cada paso**;
 - seleccionar específicamente el biochar, material técnico emergente post-2006, como material de relleno de la matriz, siendo que D4 y D1 mencionan únicamente materiales celulósicos o arcillosos convencionales;
 - añadir simultáneamente un hidrogel superabsorbente de poliacrilato como componente adicional de la matriz, elemento No mencionado en ninguno de los tres documentos para esta aplicación.

En virtud de los argumentos anteriormente expuestos, así como de las modificaciones incorporadas al pliego reivindicatorio con el fin de precisar y delimitar adecuadamente el alcance técnico de la invención, se considera que la nueva reivindicación independiente 7 cumple con los requisitos de novedad y nivel inventivo establecidos en los artículos 14 y 18

de la Decisión 486. En consecuencia, las reivindicaciones dependientes, las cuales incorporan características técnicas adicionales que restringen y particularizan aún más el objeto reivindicado, y que además fueron ajustadas para mantener plena coherencia con las reivindicaciones independientes, igualmente satisfacen los requisitos de patentabilidad exigidos por la normativa aplicable.

En conclusión, el objeto de las nuevas reivindicaciones 1 a 10 cumplen con los requisitos de claridad y concisión como se explica detalladamente en el Manual Andino y la Guía para Examinadores de la Superintendencia de Industria y Comercio, al definir de manera precisa los componentes esenciales con sus respectivos rangos cuantitativos y eliminar expresiones funcionales, ambiguas o de mera enumeración abierta. Asimismo cumplen con el requisito de novedad del artículo 16 de la Decisión 486, al no encontrarse divulgadas en su totalidad por ninguno de los documentos D1, D3 o D4, y cumplen con el requisito de nivel inventivo del artículo 18 de la Decisión 486, al constituir una combinación específica de componentes en proporciones delimitadas que resuelve un problema técnico concreto —preservación de la viabilidad y liberación controlada en suelo de un consorcio microbiano mediante gelificación iónica con secado convectivo—, sin que el estado de la técnica citado, considerado individual o combinadamente, aporte motivación, sugerencia o enseñanza que conduzca de manera evidente a dicha solución

9. Pago de Tasas

En relación con el número de reivindicaciones, atentamente nos permitimos indicar que no se adjunta pago de tasa por reivindicaciones adicionales, toda vez que el nuevo capítulo reivindicatorio tiene un número menor de cláusulas que el presentado anteriormente.

Por otra parte, y conforme a las instrucciones contenidas en el numeral 1.2.2.1.1., del Capítulo Primero del Título X de la Circular Única y la Dirección de Nuevas Creaciones, se anexa pago por la modificación realizada a la solicitud de acuerdo con el numeral 1.1.1.3.1.8 de la Resolución de Tasas No. 63360 de 2021.

10. Anexos:

- Capítulo reivindicatorio modificado 1 – 10.
- Pago correspondiente a la modificación realizada a las reivindicaciones conforme la resolución de pago de tasas numeral 1.1.1.3.1.8.

Conforme a lo anterior, una vez atendidos y completados los requisitos conforme lo establece los artículos 14, 16, 18 y 30 de la Decisión 486 de la Comunidad andina, y al tener en cuenta el nuevo capítulo reivindicatorio, solicito muy respetuosamente a su Despacho, continuar el trámite de rigor, se realice el estudio del nuevo capítulo reivindicatorio y se emita un nuevo oficio si el examinador lo considera, o de lo contrario solicito sea otorgado el privilegio de invención.

Referencias

- [1] Cruz-Barrera, M., Chaparro-Rodríguez, M., Estrada-Bonilla, G., Rosas-Pérez, J., & Gómez-Álvarez, M. (2023). Hydrogel capsules as new approach for increasing drying survival of plant biostimulant gram-negative consortium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(21), 6671–6682. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12699-7>
- [2] Wu, C., Zhi, D., Yao, B., Zhou, Y., Yang, Y., & Zhou, Y. (2022). Immobilization of microbes on biochar for water and soil remediation: A review. *Environmental Research*, 212(Pt B), 113293. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113293>
- [3] Bolan, S., Hou, D., Wang, L., Hale, L., Egamberdieva, D., Tammeg, P., Li, R., Wang, B., Xu, J., Wang, T., Sun, H., Padhye, L.P., Wang, H., Siddique, K.H.M., Rinklebe, J., Kirkham, M.B., & Bolan, N. (2023). The potential of biochar as a microbial carrier for agricultural and environmental applications. *Science of the Total Environment*, 886, 163968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163968>
- [4] Ajeng, A.A., Abdullah, R., Ling, T.C., Ismail, S., Lau, B.F., Ong, H.C., Chew, K.W., Show, P.L., & Chang, J.-S. (2020). Bioformulation of biochar as a potential inoculant carrier for sustainable agriculture. *Environmental Technology & Innovation*, 20, 101168. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101168>
- [5] Feng, S., Yi, J., Ma, Y., & Bi, J. (2023). The role of amide groups in the mechanism of acid-induced pectin gelation: A potential pH-sensitive hydrogel based on hydrogen bond interactions. *Food Hydrocolloids*, 141, 108740. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108740>
- [6] Haro-González, J.N., Schlienger de Alba, B.N., Morales-Hernández, N., & Espinosa-Andrews, H. (2024). Type A gelatin-amidated low methoxyl pectin complex coacervates for probiotics protection: Formation, characterization, and viability. *Food Chemistry*, 455, 139869. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139869>
- [7] Cruz-Barrera, M., Izquierdo-García, L.F., Gómez-Marroquín, M., Santos-Díaz, A., Uribe-Gutiérrez, L., & Moreno-Velandia, C.A. (2024). Hydrogel capsules as new delivery system for *Trichoderma koningiopsis* Th003 to control *Rhizoctonia solani* in rice (*Oryza sativa*). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40, 108. <https://doi.org/10.1007/s11274-024-03897-0>
- [8] Chaparro-Rodríguez, M., Estrada-Bonilla, G., Rosas-Pérez, J., Gómez-Álvarez, M., & Cruz-Barrera, M. (2025). Hydrogel capsules as carriers for PGPB consortia enhance compost efficacy and nutrient uptake in Oat (*Avena sativa*) fertilization. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07454-y>
- [9] Sroka, P. (2024). Superabsorbent hydrogels in the agriculture and reclamation of degraded areas. *Sustainability*, 16(7), 2945. <https://doi.org/10.3390/su16072945>
- [10] Arias-Chavarría, L.D., Batista-Menezes, D., Orozco-Cayasso, S., Vargas-Martínez, A., Vega-Baudrit, J.R., & Montes de Oca-Vásquez, G. (2025). Evaluation of the viability of microencapsulated *Trichoderma longibrachiatum* conidia as a strategy to prolong the shelf life of the fungus as a biological control agent. *Frontiers in Chemistry*, 12, 1473217. <https://doi.org/10.3389/fchem.2024.1473217>

- [11] Humbert, P., Przyklenk, M., Vemmer, M., & Patel, A.V. (2017). Calcium gluconate as cross-linker improves survival and shelf life of encapsulated and dried *Metarhizium brunneum* and *Saccharomyces cerevisiae* for the application as biological control agents. *Journal of Microencapsulation*, 34(1), 47–56. <https://doi.org/10.1080/02652048.2017.1282550>
- [12] Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2), 395–419. DOI: 10.1007/s11027-005-9006-5 [PRIMERA PUBLICACIÓN PEER-REVIEWED QUE ESTABLECE EL BIOCHAR COMO CONCEPTO TÉCNICO-CIENTÍFICO]
- [13] Lehmann, J. (2007). Bio-energy in the Black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 381–387. DOI: 10.1890/1540-9295(2007)5[381:BITB]2.0.CO;2 [PRIMER ARTÍCULO EN NATURE-EQUIVALENT QUE POPULARIZA EL CONCEPTO DE BIOCHAR]

REIVINDICACIONES

1. Composición para inmovilizar microorganismos en cápsulas biopoliméricas de hidrogel, que comprende:
 - a) un ingrediente activo que comprende un microorganismo como hongos, bacterias, levaduras o mezclas de los mismos, en una concentración máxima de 5×10^9 estructuras de reproducción por gramo de cápsula seca; y
 - b) una cápsula de matriz polimérica que comprende:
 - un polímero biodegradable seleccionado del grupo que consiste en pectina amidada, derivados de pectina, alginato de sodio, derivados de alginato, en una proporción entre 1% y 80% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca;
 - un material de relleno seleccionado del grupo que consiste en biochar, carbón activado, celulosa microcristalina, derivados de celulosa, metil-celulosa, almidón y caolín en una proporción entre 0.1% y 90% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca;
 - un hidrogel superabsorbente retenedor de agua seleccionado de derivados del polímero de ácido poliacrílico, poliacrilato de sodio o poliacrilato de potasio, en una proporción entre 0.1% y 10% p/v con respecto a la matriz polimérica; y
 - un protector de secado seleccionado del grupo que consiste en polidextrosa, leche descremada en polvo, manitol, sorbitol, sacarosa, gelatina y proteína de suero de leche, en una proporción entre 1% y 90% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca;
 - un agente entrecruzante seleccionado del grupo que consiste en gluconato de calcio, sales de calcio, en una concentración entre 0.05 y 0.2 M y en una proporción entre 5% y 30% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca.

2. La composición de conformidad con la Reivindicación 1, en donde el material de relleno es biochar, y se encuentra en una proporción entre el 0.1% y el 15% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca.
3. La composición de conformidad con la Reivindicación 1, en donde el protector de secado es polidextrosa y se encuentra en una proporción entre el 1% y el 60% p/p con respecto a la matriz polimérica en base seca.
4. La composición de conformidad con la Reivindicación 1, en donde el ingrediente activo corresponde a estructuras celulares de un consorcio de bacterias del tipo Gram-positiva o Gram-negativa como *Bacillus sp.*, *Azospirillum sp.*, *Herbaspirillum sp.*, *Rhizobium sp.*, o *Pseudomonas sp.*, y un hongo tal como *Trichoderma sp.*, *Metarhizium sp.*, *Beauveria sp.*, *Duddingtonia sp.*, *Arthrobotrys sp.*, *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, o *Cordyceps sp.*, individualmente o combinados.
5. La composición de conformidad con la Reivindicación 1 que se encuentra en forma de cápsulas de hidrogel secas, cápsulas de hidrogel húmedas, o incluidas en granulados, emulsiones, polvos, recubrimiento de semillas, granulado dispersable, polvo, polvo dispersable, cápsulas, tabletas, pellets, emulsión o suspensión acuosa u oleosa.
6. La composición de conformidad con la Reivindicación 1, en donde la composición en forma de cápsula tiene un tamaño de partícula entre 100 y 6000 μm .
7. Un método para inmovilizar microorganismos en cápsulas biopoliméricas de hidrogel que comprende las etapas secuenciales de:
 - a) Disolver el biopolímero de encapsulación en agua, manteniendo agitación constante y a una temperatura controlada.

- b) Preparar la matriz polimérica mezclando el material de relleno, y el protector de secado tal como el biochar y la polidextrosa respectivamente, durante un periodo de tiempo determinado como 10 min.
- c) Adicionar un hidrogel superabsorbente derivado de poliacrilato como agente retenedor de agua,
- d) Agregar la suspensión de principio activo correspondiente a microorganismos benéficos seleccionado del grupo que comprende hongos filamentosos, bacterias, levaduras o sus mezclas, manteniendo agitación constante, en donde el principio activo corresponde a un consorcio de bacterias benéficas seleccionadas del grupo que comprende *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., *Herbaspirillum* sp., *Rhizobium* sp. o *Trichoderma* sp.
- e) Gotear la matriz polimérica resultante anterior en la suspensión de un agente entrecruzante tal como gluconato de calcio manteniendo la agitación constante, donde el agente entrecruzante tiene una relación en volumen matriz polimérica: agente entrecruzante de 1:2.
- f) Separar las cápsulas de hidrogel formadas del agente entrecruzante por tamizado,
- g) Secar las cápsulas, mediante un mecanismo convectivo de secado seleccionado de secado por lecho fluidizado, secado por tambor rotatorio, secado por bandejas o deshidratación en desecador con atmósfera controlada, con contenidos de humedad entre 0.1 y 98%.

En donde el paso e) se realiza permitiendo el goteo de la matriz polimérica sobre el agente entrecruzante en contacto y la agitación de 10 minutos.

- 8. El método de conformidad con la Reivindicación 7, en donde las cápsulas de hidrogel secas obtenidas son sometidas a condiciones de agitación en medio líquido con pH entre 5,8 y 7,4, para liberar el principio activo en menos de 24 horas.

9. El método de conformidad con la Reivindicación 7, en donde las cápsulas de hidrogel secas obtenidas se disponen sobre el suelo en un rango de pH entre 5,8 y 7,4 sin requerimientos de agitación mecánica, para liberar el principio activo en menos de 96 horas.
10. El método de conformidad con la Reivindicación 7, en donde las cápsulas de hidrogel secas obtenidas comprenden un protector de secado, que conserva la viabilidad del principio activo bajo condiciones criogénicas, de refrigeración, temperatura ambiente y choque térmico hasta 70 °C.