

Composición absorbente de agua

La presente invención pertenece al campo técnico de la agricultura, en particular de composiciones para mejorar el desarrollo y crecimiento vegetal de los cultivos. La invención se refiere a una composición absorbente de agua capaz de retener el agua disponible en el suelo de los cultivos, evitando así el estrés hídrico que sufren los cultivos en terrenos o zonas agrarias con déficit de agua o sequía. Además, esta composición no se ve afectada ni por el pH o temperatura ni por la presencia de sales en el suelo de los cultivos.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El agua, así como los nutrientes disponibles en el suelo, son imprescindibles para mantener los procesos vitales de las plantas. El sistema radicular de las plantas absorbe el agua y los nutrientes del suelo y ambos son transportados a lo largo de toda la planta para llevar a cabo los procesos químicos y bioquímicos del metabolismo de dicha planta, como por ejemplo la fotosíntesis. El equilibrio entre la disponibilidad de agua y nutrientes y las necesidades de los cultivos, es crucial para un desarrollo y crecimiento óptimos, dando lugar a un aumento en la producción de frutos, semillas, madera, flores y/o hojas en los cultivos, siendo dichos cultivos más rentables para los agricultores.

En la actualidad, la agricultura se está viendo afectada por la sequía, causada por el déficit de agua y por el clima. Dicha disminución de la cantidad de agua en terrenos agrícolas, reduce la productividad de los cultivos y reduce la rentabilidad económica para los agricultores. Cuando este déficit de agua se extiende en el tiempo, se origina en la planta un estrés abiótico, el cual incide en el desarrollo vegetal, generando una respuesta negativa en los cultivos. Las plantas sometidas a estrés hídrico presentan baja producción del área foliar fotosintéticamente activa, se pierde la turgencia de la planta, disminuye el crecimiento de los tallos y altura de la planta, el crecimiento del sistema radicular y del desarrollo de la biomasa, disminuyendo así la producción de frutos y semillas.

Además, la disponibilidad del agua y nutrientes presentes en el suelo agrícola también se ve afectada por el pH, debido a que el pH controla muchos de los procesos químicos que sufren los nutrientes y el agua, afectando específicamente a su disponibilidad para ser asimilados por el sistema radicular del cultivo.

En la actualidad existen hidrogeles sintéticos comerciales que actúan como agentes retenedores de agua para adicionarlos al suelo del cultivo. Los hidrogeles sintéticos tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de agua, algunos pueden absorber hasta 200 gramos de agua desionizada por cada gramo de hidrogel sintético. Algunos ejemplos de hidrogeles sintéticos comercializados son el poliacrilato de potasio, poliacrilato de sodio y/o poliacrilamida.

Sin embargo, dichos hidrogeles comerciales presentan varios problemas en los terrenos agrícolas:

- cuando se utiliza agua que no es agua desionizada (como, por ejemplo, las aguas procedentes de lluvias), esta capacidad de retención de agua desciende considerablemente,
- cuando se adicionan en dosis superiores a 10 gramos por planta en los cultivos, pueden generar efectos adversos como retardo en el crecimiento de la planta y daños en el sistema radicular (pudrición),
- cuando se aplican en el cultivo en terrenos agrícolas, entran en contacto con soluciones de fertilizantes que contienen cationes monovalentes como potasio y amonio. El hidrogel comercial sintético interacciona con dichos cationes reduciendo de manera proporcional la concentración del catión, y la capacidad de retención de agua hasta en un 70%, perdiendo su funcionalidad, y/o
- cuando entran en contacto con cationes divalentes como Hierro, Calcio o Magnesio, disminuyen su capacidad de absorber y retener agua hasta en un 90%, perdiendo su funcionalidad.

Por lo tanto, es necesario tener composiciones que absorban y retengan agua en los terrenos agrícolas permitiendo un uso más eficiente del recurso hídrico de cada cultivo mitigando los efectos del déficit de agua o sequía y, donde estas composiciones tengan una capacidad de retención de agua que no se vea afectada por cambios en el pH del suelo, ni por la presencia o la adición de sales en el suelo.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El presente documento describe una composición absorbente de agua que permite la mejora del aprovechamiento del recurso hídrico de los cultivos reteniendo el agua

disponible en el suelo de los cultivos, evitando así el estrés hídrico que sufren los cultivos en terrenos agrícolas con déficit de agua o sequía. Además, esta composición no se ve afectada ni por el pH o temperatura ni por la presencia de sales, en diferentes concentraciones, presentes en los terrenos de siembra de los cultivos.

5

Mediante la obtención de partículas deshidratadas de la cutícula de una planta suculenta, preferiblemente cutícula de las hojas de Aloe vera, los inventores observaron que las partículas con un tamaño determinado entre 100-500 μm , más preferiblemente 250 μm , tenían una capacidad de retención de agua más estable frente a cambios de pH, cambios de temperatura y aumentos en las concentraciones de diferentes sales como KNO_3 y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ frente a hidrogeles sintéticos comerciales de poliacrilamida.

10

También observaron que la capacidad de retención de agua en cultivos en terrenos agrícolas donde añadían una composición con dichas partículas de cutícula de una planta suculenta descrita en la presente invención, mejoraba el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas. Mientras las plantas tratadas con hidrogel comercial de poliacrilamida presentaron enanismo, daños en la raíz, y poco crecimiento, se evidenció también daño por patógenos y muerte de las plantas, las plantas tratadas con la composición de la presente invención, presentaron un buen desarrollo y vigor, las raíces de la planta fueron abundantes, sanas y con crecimiento óptimo, es decir, generaron buena biomasa representada en altura a la copa y diámetro a la altura del pecho (DAP).

15

20

La composición absorbente de agua de la invención, liberaba el agua retenida gradualmente permitiendo que el sistema radicular de las plantas de los cultivos absorbiera el agua, mejorando así la eficiencia del recurso hídrico y el desarrollo vegetativo o la fenología de las plantas.

25

Por tanto, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a una composición absorbente de agua que comprende partículas de cutícula de una planta suculenta, donde las partículas están deshidratadas con un porcentaje en peso de humedad por debajo del 50% y tienen un tamaño entre 100-500 μm , de aquí en adelante “composición de la invención”.

30

En la presente descripción, el término “composición absorbente de agua” se refiere a un producto, sustancia, material o compuesto, o a una combinación y/o mezcla de los mismos, que es capaz de atraer, captar, asimilar, conservar y/o retener moléculas de

35

agua presentes en el medio o entorno donde se sitúa, preferiblemente el medio es un suelo, sustrato, cultivo o terreno agrícola.

5 La composición absorbente de agua puede estar en estado sólido (por ejemplo, sin limitar, granulados o macro-granulados, polvos, comprimidos, tabletas, encapsulados o bastones), en estado gaseoso, en estado líquido, en estado semi-líquido o en estado de gel. En la presente descripción, el término “estado semi-líquido” tiene una densidad más próxima al estado líquido y el término “estado en gel” tiene una densidad más próxima al estado sólido.

10

En la presente invención, la composición absorbente de agua comprende partículas de la cutícula de una planta suculenta. El término “partículas de la cutícula de una planta” se refiere a pequeños trozos, corpúsculos, partes o porciones de la cutícula de una planta, es decir, de la capa más externa de las plantas que la protege de la desecación y es una barrera contra la entrada de patógenos, compuesta principalmente por polímeros lipofílicos, cutina y ceras cuticulares.

15

Las partículas de cutícula de la composición de la presente invención provienen de una planta suculenta, preferiblemente de sus hojas. El término “planta suculenta” o “crasa” se refiere a plantas en las que algún órgano o parte, generalmente las hojas, permiten el almacenamiento de agua en cantidades mucho mayores que el resto de las plantas, debido a que tienen gran proporción de tejido parenquimático que puede almacenar grandes cantidades de agua.

20

25 En la composición de la presente invención, las partículas de cutícula de una planta suculenta están deshidratadas con un porcentaje en peso de humedad por debajo del 50%.

25

El término “deshidratar” o “secar”, usados indistintamente en la presente descripción, se refiere a la pérdida o eliminación, parcial o completa, del contenido de agua o el contenido de humedad en las cutículas de una planta suculenta. El contenido de humedad en las partículas de cutícula de la composición de la invención, es un factor crítico que determina la capacidad de retención de agua (CRA) de dichas partículas y, por tanto, la CRA de la composición de la invención. El contenido de humedad de la composición se expresa mediante el porcentaje en peso de humedad o porcentaje de humedad, es decir, la cantidad, masa o contenido de agua restante que le queda a las

30

35

partículas de la cutícula de la composición de la invención tras someterse a la deshidratación o secado, expresado en tanto por cien según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = [\text{peso}_{\text{final}} (\text{cutículas secas}) / \text{peso}_{\text{inicial}} (\text{cutículas húmedas})] \times 100$$

5

En la presente invención, la deshidratación o el secado de la cutícula de una planta suculenta se lleva a cabo mediante un método o técnica que se selecciona de la lista que consiste, sin limitar, en: secado por radiación, secado térmico, secado con aire, secado con combustible, bomba de calor, ventana de refractancia o hidrosecado, criodesecación o liofilización y secado osmótico.

10

El “secado por radiación” es un método de secado o deshidratación de un sustrato o materia mediante la evaporación del agua presente en dicho sustrato o materia por medio de radiación, ya sea solar o por medio de radiaciones artificiales, como por ejemplo y sin limitar las radiaciones microondas o infrarrojas.

15

El “secado térmico” es un método de secado o deshidratación de un sustrato o materia mediante la aplicación de calor. El agua del sustrato o materia se evapora por conducción o convección. Este método se lleva a cabo mediante, y sin limitar, en hornos o secadores directos, hornos o secadores indirectos o hornos de cocción.

20

El “secado con aire” es un método de secado o deshidratación de un sustrato o materia mediante la aplicación de aire comprimido o aire caliente para evaporar el agua presente en el sustrato o materia.

25

El “secado con combustible” es un método de secado o deshidratación de un sustrato o materia mediante la combustión de determinados compuestos generando un vapor caliente que funciona como calentador y secando o deshidratando el sustrato o materia. Los combustibles utilizados pueden ser de origen vegetal como por ejemplo y sin limitar: bagazo de caña azúcar, rastrojos, carbón vegetal o pellet, o de origen químico como el alcohol etílico, alcohol metílico, gasolinas, propano o butano.

30

La “criodesecación o liofilización” es un método de deshidratación de un sustrato o materia mediante una rápida congelación y posterior eliminación del hielo mediante calentamiento con vacío y disminución de la presión donde se encuentra el sustrato o materia. Este método es recomendable para deshidratar material biológico debido a que

35

así se evita la desnaturalización de las proteínas, cambios enzimáticos, biológicos y químicos y las células, tejidos, bacterias, vacunas se pueden convertir en materia seca sin pasar por fase líquida y conservar su funcionalidad.

- 5 El “secado osmótico” es un método no térmico de deshidratación que reduce el contenido de agua presente en un sustrato o materia mediante su inmersión en soluciones acuosas concentradas en solutos (soluciones hipertónicas) que tienen elevada presión osmótica y baja actividad de agua. Generalmente, se usa como pretratamiento antes de otros métodos de deshidratación como la liofilización, secado
10 térmico o el secado por radiación.

Es práctica de rutina de un experto en la materia calcular y medir el porcentaje de humedad de una muestra o composición. Una vez deshidratada o seca la cutícula de la planta suculenta, para calcular el porcentaje de humedad se utiliza una técnicas o
15 métodos directos o indirectos que, a modo de ejemplo y sin limitar, se selecciona de la lista que consiste en: desecación por transferencia de agua, densimetría, polarimetría, refractometría, gravimetría, manometría, método de resistencia eléctrica, método neutrónico, atenuación de rayos gamma, métodos dieléctricos, método de capacitancia y método tensiométrico.

20

En otra realización preferida las partículas deshidratadas tienen un porcentaje en peso de humedad de entre 3-10%, más preferiblemente entre 3% y 4%.

En otra realización preferida de la invención las partículas tienen un tamaño entre 180-
25 250 μm .

En otra realización más preferida, las partículas tienen un tamaño de 250 μm .

En la presente invención, como hemos descrito anteriormente, las partículas de la
30 composición absorbente de agua proceden de la cutícula de una planta suculenta o crasa. Las especies de plantas suculentas no están genéticamente relacionadas entre sí, es decir, que la adaptación a entornos áridos y secos mediante órganos reservorios de agua es una característica que han generado en un proceso de evolución convergente.

35

En otra realización preferida, la planta suculenta pertenece a una familia que se

selecciona, sin limitar, de la lista que consiste en: *Agavaceae*, *Aizoaceae*, *Apocynaceae*, *Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Didiereaceae*, *Euphorbiaceae*, *Portulacaceae* y *Xanthorrhoeaceae*.

- 5 En otra realización más preferida, la planta suculenta pertenece a la familia *Agavaceae*, *Xanthorrhoeaceae* o *Cactaceae*.

En otra realización aún más preferida, la planta suculenta que pertenece a la familia *Xanthorrhoeaceae* es Aloe vera.

10

El Aloe vera, perteneciente a la subfamilia de *Asphodeloideae*, es un arbusto estolonífero donde las hojas pueden miden entre 40-50 centímetros y son densamente agrupadas en una roseta basal. El Aloe vera es generalmente utilizado en medicina y cosmética por su capacidad regeneradora de irritaciones en enfermedades como la dermatitis, eccemas o urticaria.

15

La composición absorbente de agua de la presente invención, además comprende una disolución acuosa formando un hidrogel. Lo “disolución acuosa” o “solución acuosa”, usados indistintamente en la presente descripción, se refiere a una mezcla homogénea donde el principal componente es el agua, que es el medio de disolución. Esta disolución, además del agua, comprende otros componentes o solutos que son ampliamente conocidos por el experto en la materia como, por ejemplo y sin limitar, compuestos iónicos, compuestos moleculares, que pueden ser electrólitos, no electrólitos.

25

En otra realización preferida los solutos de la disolución acuosa que forman el hidrogel de la invención son sales, más preferiblemente sales que contengan los principales nutrientes vegetales que se seleccionan de la lista que consiste en: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre, manganeso, molibdeno, boro, cloro, sodio, cobalto, vanadio y silicio.

30

En otra realización más preferida las sales de la disolución acuosa descritas anteriormente comprende unas concentraciones de sales por debajo de 70 gramos/litro.

35

En una realización preferida, la composición absorbente de agua consiste en partículas de cutícula de una planta suculenta, donde las partículas están deshidratadas con un

porcentaje en peso de humedad por debajo del 50% y tienen un tamaño entre 100-500 μm .

5 En otra realización preferida, la composición absorbente de agua consiste en partículas de cutícula de una planta suculenta y una disolución acuosa formando un hidrogel, donde las partículas están deshidratadas con un porcentaje en peso de humedad por debajo del 50% y tienen un tamaño entre 100-500 μm .

10 La composición absorbente de agua de la invención, libera el agua retenida gradualmente permitiendo que el sistema radicular de las plantas de los cultivos absorba el agua, mejorando así la eficiencia del recurso hídrico y el desarrollo vegetativo o la fenología de las plantas. En la agricultura, para aumentar el desarrollo vegetativo y por tanto aumentar la rentabilidad de los cultivos se les suministra a las plantas de dichos cultivos compuestos nutritivos como fertilizantes o fitohormonas o compuestos
15 fitosanitarios para combatir enfermedades.

Por tanto, en una realización preferida la composición de la invención además comprende un agente fitosanitario.

20 El término “fitosanitario” tal como se usa en la presente descripción, se refiere a una sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir evitar, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga o enfermedad, o destruir directamente, insectos (insecticidas), ácaros (acaricidas), moluscos (molusquicidas), roedores (rodenticidas), hongos (fungicidas), malas hierbas (herbicidas), bacterias (antibióticos y bactericidas) y
25 otras formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la salud pública y también para la agricultura, considerados como plagas, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de productos agrícolas y sus derivados. Entre los productos fitosanitarios se incluyen también los defoliantes, desecantes, coadyuvantes.

30 En otra realización más preferida el agente fitosanitario se selecciona de la lista que consiste en: algicida, insecticida, acaricida, molusquicida, nematocida, fungicida, desinfectante del suelo, topicida, rodenticida, herbicida, bactericida y cualquier combinación de los mismos.

35 La “cantidad efectiva” de fitosanitario dependerá de diferentes parámetros ambientales y del cultivo, además de las indicaciones comerciales que el fabricante indique en los

fitosanitarios comerciales. Para el experto en la materia es rutinario calcular la cantidad efectiva de cada fitosanitario atendiendo, por ejemplo, y sin limitar, a: temperatura, estabilidad atmosférica, tipo de cultivo y superficie, método de aplicación en el cultivo, volatilidad, toxicidad, concentración o dosis comercial recomendada.

5

Para aumentar el desarrollo vegetativo y por tanto aumentar la rentabilidad de los cultivos, no solo hay que combatir las plagas perjudiciales que causan enfermedades y daños a los cultivos, sino que también se les suministra compuestos nutritivos que aumentan la cantidad y disponibilidad de nutrientes esenciales necesario para el desarrollo vegetal.

10

Por tanto, en otra realización preferida la composición de la invención además comprende un fertilizante.

15

El término “fertilizante” o “abono” utilizados indistintamente en la presente descripción, se refiere a cualquier tipo de sustancia orgánica o inorgánica que contiene nutrientes en formas asimilables por las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo, mejorar la calidad del sustrato a nivel nutricional y estimular el crecimiento vegetativo de las plantas. Para cumplir el proceso de su vida vegetativa, las plantas necesitan, además del agua y de la energía solar, elementos nutritivos que encuentran bajo forma mineral en el suelo que se seleccionan de la lista que consiste en: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre, manganeso, molibdeno, boro, cloro, sodio, cobalto, vanadio, silicio y cualquier combinación de los mismos.

20

25

En otra realización preferida el fertilizante se selecciona de la lista que consiste en: abono orgánico, abono inorgánico, abono simple y abono compuesto.

30

El término “abono orgánico” utilizado en la presente descripción, se refiere a una sustancia o compuesto que se obtiene de la degradación y mineralización de residuos de origen animal o vegetal y que aporta nutrientes que activan e incrementan la actividad microbiana de la tierra, son ricos en materia orgánica y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos. Los abonos de origen animal son, por ejemplo, y sin limitar: desechos de mataderos ganaderos, desechos de lonja, purín, humus de lombriz o estiércol. Los abonos de origen vegetal son, por ejemplo, y sin limitar: compostaje, restos de cosecha, restos leñosos, cenizas vegetales, algas o alpechín.

35

El término “abono inorgánico” utilizado en la presente descripción, se refiere a sustancias de origen mineral, producidas bien por la industria química o por la explotación de yacimientos naturales. Los abonos inorgánicos comprenden los tres principales componentes: nitrógeno (N), fosfato (P) y potasio (K). El término “NPK” en los abonos inorgánicos comerciales, es un acrónimo de la relación entre los elementos químicos donde cada letra va etiquetada junto a un número que indica el porcentaje de ese elemento que tiene el abono comercial.

El término “abono simple” utilizado en la presente descripción, se refiere a abonos que contienen un solo nutriente principal en la totalidad de su composición, es decir, sólo nitrógeno, sólo fósforo o sólo potasio. Sirven para corregir carencias determinadas en el suelo del cultivo, a modo de ejemplo y sin limitar, algunos tipos de abono simple son: urea, dolomita, yeso, roca o arena calcárea o kieserita.

El término “abono compuesto” utilizado en la presente descripción, se refiere a abonos que contienen varios nutrientes principales en la totalidad de su composición, es decir, combinación entre nitrógeno, fósforo y/ potasio y que además pueden comprender uno o varios nutrientes secundarios (calcio, magnesio y/o azufre) y micronutrientes (boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y/o zinc) esenciales para el crecimiento de las plantas, aunque en pequeñas cantidades si se compara con los nutrientes principales y secundarios.

La “cantidad efectiva” de fertilizante o abono dependerá de diferentes parámetros ambientales y del cultivo, además de las indicaciones comerciales que el fabricante indique en el producto fertilizante. Para el experto en la materia es rutinario calcular la cantidad efectiva de cada fertilizante atendiendo, por ejemplo, y sin limitar, a: temperatura, estabilidad atmosférica, tipo de cultivo y superficie, método de aplicación en el cultivo, volatilidad, toxicidad, concentración o dosis comercial recomendada.

En una realización preferida, el fertilizante de la composición de la invención tiene una concentración menor a 70 gramos/litro de composición.

Además de fertilizantes y/o fitosanitarios, las fitohormonas regulan los fenómenos fisiológicos de las plantas controlando el crecimiento de sus raíces, hojas, floración, formación del fruto y la germinación de las semillas.

Por tanto, en una realización preferida la composición de la invención además comprende una fitohormona.

- 5 El término “fitohormona” se refiere a sustancias producidas por células vegetales, ubicadas mayormente en las hojas de las plantas, que regulan los fenómenos fisiológicos de las plantas como: el crecimiento de las plantas, incluyendo sus raíces, la caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación de las semillas. Ejemplos de fitohormonas son, sin limitar: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, morfactinas y brasinoesteroides.
- 10

La “cantidad efectiva” de fitohormona dependerá de la función biológica de la fitohormona de la composición y de diferentes parámetros ambientales y del cultivo, además de las indicaciones comerciales que el fabricante indique en el producto que contiene la fitohormona, o un precursor de la fitohormona. Para el experto en la materia es rutinario calcular la cantidad efectiva de cada fitohormona, por ejemplo, y sin limitar, a: temperatura, estabilidad atmosférica, tipo de cultivo y superficie, método de aplicación en el cultivo, volatilidad, toxicidad, concentración o dosis comercial recomendada.

15

La aplicación de los fertilizantes, fitosanitarios o fitohormonas en los cultivos maximiza su eficiencia para obtener el máximo rendimiento del cultivo, minimiza el impacto ambiental y reduce el tiempo y las necesidades energéticas en las aplicaciones. Las técnicas de aplicación de estos compuestos nutritivos en los cultivos en terrenos agrícolas son conocidas y práctica de rutina del experto en la materia. A modo de ejemplo, y sin limitar, dichos compuestos nutritivos se aplican de forma localizada en la planta, es decir, en contacto con: vía radicular por el suelo, vía foliar y en el riego o fertirriego; o bien de forma “al voleo”, es decir, volatilizado por toda el área del cultivo cubriendo toda la superficie.

20

25

La composición absorbente de agua descrita en todos los párrafos anteriores, además de aplicarse en los cultivos de forma localizada en raíces, hojas o riego o de forma volátil, puede aplicarse de forma indirecta mediante sustratos para plantas que comprendan dicha composición absorbente de agua.

30

Por tanto, otro aspecto de la presente invención se refiere a una composición para el cultivo de plantas que comprende la composición absorbente de agua, descrita

35

anteriormente en la presente descripción y un sustrato para plantas.

El término “sustrato para plantas” se refiere a una composición o material equivalente al suelo natural de cultivos en terrenos agrícolas, donde las plantas pueden desarrollar sus raíces y llevar a cabo sus funciones fisiológicas que comprende, sobre todo: una base de anclaje, y adicionalmente pueden incluir agua, nutrientes esenciales, macroelementos, microelementos y cualquier combinación de los mismos. Dicha base de anclaje puede ser sólida, líquida, semilíquida o gel y sirve de soporte y permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando una función equivalente a la del suelo natural de los terrenos agrícolas. La base de anclaje puede ser, sin limitar, de origen natural, sintético, residual, mineral u orgánica. Ejemplo de sustratos para plantas conocidos en el estado del arte, y sin limitar, se seleccionan de la siguiente lista: arena, grava, fibra de coco, bagazo de caña, cascarilla de arroz, aserrín, tepojal, tezontle, lana de roca, acícula de pino, escoria de carbón, estiércol, corteza de pino, humus de lombriz, arcillas, mantillo, turba negra, turba rubia, perlita, vermiculita, espuma de poliuretano, poliestireno expandido y cualquier combinación de los mismos.

Este sustrato para plantas, comprende además la composición absorbente de agua de la invención para el mejor desarrollo vegetativo de plantas y semillas.

Otro aspecto de la invención se refiere a un kit de cultivo de plantas y/o semillas de plantas que comprende la composición absorbente de agua de la presente invención o la composición para cultivo de la presente invención y al menos uno de los siguientes elementos: un sustrato para plantas, semillas de plantas o plantas, un recipiente y cualquier combinación de los mismos.

En una realización más preferida, el kit de la invención comprende la composición absorbente de agua de la presente invención junto con un sustrato para plantas.

El “kit de cultivo de plantas y/o semillas de plantas” o “kit de la invención”, términos usados indistintamente en la presente descripción, puede comprender un recipiente o material sólido, un sustrato para plantas, la composición absorbente de la invención y plantas o semillas de plantas. El sustrato para plantas puede ser un sustrato comercial.

Otro aspecto de la invención es un método, de aquí en adelante “método de la invención”, para la obtención de la composición de la invención que comprende las

siguientes etapas:

- (i) deshidratar la cutícula de una planta suculenta hasta un porcentaje en peso de humedad por debajo del 50% y
- (ii) moler y tamizar las cutículas de la etapa (i) hasta obtener partículas con un tamaño entre 100-500 μm .

Los términos “deshidratación”, “cutícula de una planta suculenta”, “porcentaje en peso de humedad”, “partículas” ya han sido descritos anteriormente en la presente descripción y aplican de igual modo a este aspecto de la invención.

En una realización preferida se deshidrata la cutícula en la etapa (i) hasta un porcentaje en peso de humedad de entre 3-4%.

En otra realización preferida la deshidratación de la etapa (i) se realiza mediante liofilización.

El término “liofilización”, de igual modo que los términos anteriores, ha sido descrito anteriormente en la presente descripción y aplica de igual modo a esta realización preferida de la invención.

En la etapa (ii) del método de la invención, la cutícula de una planta suculenta de la composición de la invención se muele y tamiza en partículas con un tamaño entre 100 y 500 μm . Es práctica rutinaria para el experto en la materia conocer y utilizar técnicas y utensilios de molienda y tamizado de partículas. A modo de ejemplo, y sin limitar, en la presente invención, la cutícula de las hojas de una planta suculenta se muele mediante un molino, preferiblemente de cuchillas.

En otra realización preferida las cutículas en la etapa (ii) se muelen y tamizan a un tamaño de partículas de entre 180-250 μm .

En otra realización más preferida las cutículas en la etapa (ii) se muelen y tamizan a un tamaño de partículas de 250 μm .

En otra realización preferida de la invención, la cutícula de la planta suculenta pertenece a una cualquier familia que se selecciona de la lista que consiste en: *Agavaceae*, *Aizoaceae*, *Apocynaceae*, *Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Didiereaceae*, *Euphorbiaceae*,

Portulacaceae y Xanthorrhoeaceae.

En otra realización más preferida la planta suculenta que pertenece a la familia Xanthorrhoeaceae es Aloe vera.

5

En otra realización preferida el método de la invención además comprende una etapa (iii) donde se añade una solución acuosa a las partículas obtenidas en la etapa (ii) para formar un hidrogel.

10

El término “solución acuosa” de igual modo que los términos anteriores, ha sido descrito anteriormente en la presente descripción y aplica de igual modo a esta realización preferida de la invención.

15

En otra realización preferida el método de la invención además comprende una etapa (iv) donde se añade un compuesto al producto obtenido en la etapa (ii) o en la etapa (iii) que se selecciona de la lista que consiste en: un fitosanitario, un fertilizante, una fitohormona y cualquier combinación de los mismos.

20

Los términos “fitosanitario”, “fertilizante” y fitohormona” de igual modo que los términos anteriores, han sido descrito anteriormente en la presente descripción y aplican de igual modo a esta realización preferida de la invención, así como sus realizaciones preferidas, ejemplos, cantidades efectivas y modo de aplicación en los cultivos.

25

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

30

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

35

FIGURA 1: describe una comparación entre el incremento de concentración de nitrato de calcio, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, y la CRA de la composición absorbente de agua de la invención y del hidrogel comercial de poliacrilamida. Muestra la estabilidad de la composición de la

presente invención en contraposición de la disminución de la CRA del hidrogel comercial de poliacrilamida en función de la concentración de nitrato de calcio, hasta su inhibición por completo con 40 g/L.

- 5 **FIGURA 2:** describe una comparación entre el incremento de concentración de nitrato de potasio, KNO_3 , y la CRA de la composición absorbente de agua de la invención y del hidrogel comercial de poliacrilamida. Muestra la estabilidad de la composición de la presente invención en contraposición de la disminución significativa de la CRA del hidrogel comercial de poliacrilamida en función de la concentración de nitrato de potasio.

10 EJEMPLOS

A continuación, se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

15 MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la composición absorbente de agua

- 20 Para obtener la composición absorbente de agua de la invención, los inventores utilizaron la planta suculenta *Aloe vera*, perteneciente a la familia *Xanthorrhoeaceae*, lavaron las hojas con abundante agua y las desinfectaron por inmersión en una solución desinfectante, hipoclorito de sodio 200 ppm.

- 25 A continuación, separaron las cutículas de las hojas haciendo cortes en los bordes exteriores, en las puntas y en las bases de las hojas. Retiraron el material succulento raspando la cutícula, quedándose con la cutícula de las hojas (epicarpio) y reduciendo el tamaño de las cutículas en trozos, aproximadamente de 1 cm^2 .

- 30 Posteriormente, secaron las cutículas por sublimación. Para tal fin, los inventores congelaron las cutículas a una temperatura entre -20 y -50°C durante 24 horas (en un ultracongelador o congelador convencional), y posteriormente, sublimaron el agua utilizando un equipo liofilizador (*Labconco freezone 6 plus*, USA), donde se sometieron las cutículas a una presión de vacío de 0,021-0,120 mbar a -50°C , hasta alcanzar $3,5 \pm 0,5$ % de humedad final (aproximadamente 24 horas de liofilización).

Finalmente, los inventores molieron las cutículas liofilizadas en un molino, preferiblemente de cuchillas (IKA, Alemania) y tamizaron las cutículas hasta obtener partículas de 180 µm y de 250 µm. El producto resultante lo almacenaron en recipientes de vidrio herméticamente sellados.

5

Medición *in vitro* de la eficiencia de la composición absorbente de agua en diferentes concentraciones de sales, pH, temperatura y tamaño de partícula.

Para medir la eficiencia de la composición, los inventores midieron la capacidad de retención de agua (CRA), que se define como los gramos de agua retenidos por gramos de composición utilizados.

En primer lugar, los inventores realizaron los ensayos variando el pH, la temperatura y el tamaño de partícula. Para analizar la eficacia de la composición absorbente de agua, los inventores determinaron la CRA en diferentes tamaños de partícula combinándolo con diferentes pH y temperaturas. Los inventores compararon la eficacia de la composición de la invención entre un tamaño de partícula de 180 µm y de 250 µm. Estas dos composiciones con tamaños de 180 µm y de 250 µm se disolvieron en agua con diferentes temperaturas (10, 20, 30 y 40 °C) y pH (4.5, 6 y 7), y para cada combinación se realizaron nueve repeticiones por muestra, un total de 216 tubos resultado de las diferentes combinaciones de tamaño de partícula, pH y temperatura. En los 216 tubos falcón de 50 ml, se adicionaron 0,25 gramos de composición absorbente de agua (producto seco obtenido en el apartado anterior) y añadieron 25ml de agua desionizada a las diferentes temperaturas y pH para cada combinación. Los tubos se agitaron y se dejaron reposar durante al menos una hora. Se sometieron a centrifugación a 1500 rpm durante 10 min (*Eppendorf 5804R*, Alemania). Posteriormente, midieron la CRA con la siguiente ecuación:

$$CRA = \frac{\text{peso del producto centrifugado (g)} - \text{peso del producto seco (g)}}{\text{peso del producto seco (g)}} \times 100$$

30

Posteriormente, para analizar la eficacia de la composición absorbente de agua frente

35

a diferentes concentraciones y tipos de sales, los inventores realizaron experimentos comparativos entre la composición de la invención con un hidrogel sintético comercial, un hidrogel que se compone de poliacrilamida. Para esto, eligieron la composición absorbente de agua con un tamaño de partícula de 250 μm con un porcentaje de humedad de $3,5\pm0,5\%$.

Para evaluar la eficacia de la composición absorbente frente a diferentes sales y concentraciones de sales los inventores añadieron en 72 tubos Falcon de 50 mL, 1 gramo de la composición absorbente de agua (con un tamaño de partícula de 250 μm con un porcentaje de humedad de $3,5\pm0,5\%$) y 17mL de agua desionizada y añadieron nitrato de potasio (KNO_3) en dosis de 10, 20, 30 o 40 gramos/litro (g/L) o nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) en dosis de 10, 20, 30 o 40 g/L, dando lugar a 8 combinaciones diferentes. De cada combinación los inventores realizaron 9 muestras o repeticiones. Agitaron los tubos durante 5 minutos y dejaron en reposo por 1 hora. Posteriormente, sometieron a los tubos a fuerza centrífuga a 1500 rpm durante 10 min (*Eppendorf 5804R*, Alemania), drenaron el sobrenadante con ayuda de una malla de 1mm para medir el peso del líquido drenado, y midieron la CRA.

Por otro lado, para evaluar la eficacia de absorbentes comerciales frente a diferentes sales y concentraciones de sales los inventores añadieron en 72 tubos Falcon de 50 mL, 0,034 gramos del copolímero de poliacrilamida (nombre comercial *cosmosorb*, fecha de fabricación 11.02.2018) y 17 mL de agua, para cumplir con la relación de concentración comercial recomendada (2 gramos por cada litro de agua desionizada) y posteriormente, se añadieron las sales: nitrato de potasio (KNO_3) en dosis de 10, 20, 30 o 40 gramos/litro (g/L) o nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) en dosis de 10, 20, 30 o 40 g/L, dando lugar a 8 combinaciones diferentes. De cada combinación los inventores realizaron 9 muestras o repeticiones. Agitaron los tubos durante 5 minutos y dejaron en reposo por 1 hora. Posteriormente, sometieron a los tubos a fuerza centrífuga a 1500 rpm durante 10 min (*Eppendorf 5804R*, Alemania), drenaron el sobrenadante con ayuda de una malla de 1mm para medir el peso del líquido drenado, y midieron la CRA.

A continuación, realizaron análisis estadísticos comparativos entre la capacidad de retención de agua entre la composición de la invención y el copolímero de poliacrilamida bajo las diferentes concentraciones de las diferentes sales utilizadas y un análisis ANOVA.

Medición en campo de la eficiencia de la composición absorbente de agua

Para medir la eficiencia de la composición de la invención en cultivos en terrenos agrícolas, los inventores realizaron una comparación de la capacidad de retención de agua entre la composición de la invención frente a los hidrogeles sintéticos comerciales, midiendo el crecimiento y desarrollo vegetativo de los cultivos.

Estos experimentos fueron realizados en la finca “La Maravilla”, Vereda de Robles, municipio de Jamundí (Colombia). Los inventores analizaron el tipo de suelo, que resultó ser un suelo franco, y se utilizaron los cultivos de Paulownia (árbol maderero) y cultivos de maracuyá amarilla (*Passiflora edulis*) en etapas de alta demanda hídrica.

En Paulownia, los inventores aplicaron el compuesto absorbente de agua con un tamaño de partícula de 180 μm y de 250 μm como producto seco en polvo en el momento de la siembra, y de igual forma, aplicaron ambos tamaños de partícula (180 μm y de 250 μm) como producto en forma de gel sobre la base de la planta. Para aplicación como producto seco, los inventores adicionaron 3 gramos sobre el hueco de la siembra. Para formar el gel, se mezclaron 58 gramos de la composición absorbente de agua con un litro de agua de pH 6,99 (medido con un equipo Hanna HI9103) y de dureza de 40 PPM.

Para la preparación del hidrogel sintético de poliacrilamida, los inventores siguieron las instrucciones del fabricante, las cuales fueron mezclar 2 gramos del producto por litro de agua.

La aplicación de ambos productos en forma de gel fue de aproximadamente 300 gramos de la mezcla reconstituida por planta y siempre sobre la base de la planta, en intervalos de 8 días.

En cultivos de maracuyá amarilla (*Passiflora edulis*) los inventores aplicaron la composición absorbente de agua con un tamaño de partícula de 250 μm en forma de producto seco, aplicaron 3 gramos de la composición absorbente de agua al momento de la siembra, es decir, se adicionaron en el hueco donde iba a ser sembrada la planta.

Los cultivos recibieron agua de lluvia y se les realizaron una medida de copa y diámetro al pecho, a los 150 días después de la aplicación.

RESULTADOS

5 Medición in vitro de la eficiencia de la composición absorbente de agua en diferentes concentraciones de sales, pH, temperatura y tamaño de partícula.

10 Primeramente, para medir la eficiencia de la composición, los inventores midieron la capacidad de retención de agua (CRA) a diferentes tamaños de partícula (180 μm y 250 μm), combinándolo con diferentes pH (4.5, 6 y 7) y temperaturas (10, 20, 30 y 40 $^{\circ}\text{C}$), obteniendo los siguientes resultados:

15 Para analizar la eficacia de la composición absorbente de agua, los inventores determinaron la CRA en diferentes tamaños de partícula (180 μm y 250 μm), combinándolo con diferentes pH (4.5, 6 y 7) y temperaturas (10, 20, 30 y 40 $^{\circ}\text{C}$). En la Tabla 1 se describen los resultados de la CRA obtenidos en cada una de las combinaciones entre cada producto retenedor de agua y las diferentes condiciones de tamaño de partícula, pH y temperatura, donde se evidencia que la capacidad de retención de agua del compuesto de la invención se ve afectada por el tamaño de partícula, siendo la CRA mayor cuando el tamaño de partículas de la composición es de 20 250 μm .

Tamaño de partícula (μm)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Promedio CRA / desviación estándar	Tamaño de partícula (μm)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Promedio CRA y desviación estándar
180	10	4.5	8,71 $\pm$ 0.413	250	10	4.5	15,56 $\pm$ 0.372
		6.0	7,94 $\pm$ 0.594			6.0	15,72 $\pm$ 0.550
		7.0	7,25 $\pm$ 0.727			7.0	15,05 $\pm$ 0.440
	20	4.5	7,00 $\pm$ 0.694		20	4.5	17,86 $\pm$ 0.864
		6.0	6,82 $\pm$ 0.839			6.0	17,96 $\pm$ 0.312
		7.0	6,37 $\pm$ 0.893			7.0	17,50 $\pm$ 0.529
	30	4.5	6,82 $\pm$ 1.447		30	4.5	16,64 $\pm$ 0.366
		6.0	5,62 $\pm$ 2.399			6.0	17,06 $\pm$ 0.298
		7.0	7,45 $\pm$ 2.137			7.0	16,63 $\pm$ 0.795
	40	4.5	7,48 $\pm$ 0.830		40	4.5	15,88 $\pm$ 0.437

6.0	6,29±2.560	6.0	16,14±0.639
7.0	7,60±2.188	7.0	17,03±0.361

Tabla 1. Capacidad de retención de agua (CRA) del compuesto absorbente de agua de la invención con diferentes tamaños de partícula (250 y 180 μm), diferentes temperaturas y pH.

5

En la prueba estadística de Duncan se encontró diferencia significativa en la CRA entre los tamaños de 250 y 180 μm , siendo el tamaño de 250 μm el de mayor CRA. En la Tabla 2 se muestra el análisis de la Varianza, donde también se observa que el tamaño de partícula es relevante, mientras que el pH no lo es. En referencia a la temperatura es ligeramente relevante, es decir cuando los inventores aumentaron la temperatura desde 10°C hasta 40°C se produjeron cambios en la CRA, pero estos cambios no son muy diferenciales.

10

Fuente	Valor P (<0.05)
Repeticiones	0.6744
pH	0.6763
Temperatura	0.0244
pH x Temperatura	0.0219
Tamaño de Partícula	<0.0001
pH x Tamaño Partícula	0.0617
Tamaño Partícula x Temperatura	<0.0001
pH x Tamaño Partícula x Temperatura	0.2611

Tabla 2. Estadística y valores de p para cada una de las variables pH, Temperatura, Tamaño de partícula y sus combinaciones (En sombreado gris se presentan las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas).

15

Para analizar la eficacia de la composición absorbente de agua frente a diferentes concentraciones (10, 20, 30 o 40 g/L) y tipos de sales, nitrato de potasio (KNO_3) o nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), los inventores realizaron experimentos comparativos de la CRA entre la composición de la invención con un hidrogel sintético comercial, un hidrogel que se compone de poliacrilamida.

20

En la Tabla 3, se describen los resultados de estos experimentos. Mientras la CRA de la composición de la invención no se ve afectada en las diferentes concentraciones y tipos de sales, la CRA del hidrogel comercial de poliacrilamida se ve drásticamente
5 afectado a medida que se incrementa la concentración de las sales.

Sustrato	Tipo de Solución	Concentración	CRA Media	Desviación Estándar	N
Composición absorbente de agua	KNO ₃	10	17.629	0.288	9
		20	17.581	0.248	9
		30	17.446	0.062	9
		40	17.297	0.043	9
	Ca(NO ₃) ₂	10	17.367	0.362	9
		20	17.673	0.140	9
		30	17.703	0.009	9
		40	17.706	0.000	9
Copolímero de poliacrilamida	KNO ₃	10	38.450	7.736	9
		20	28.135	3.393	9
		30	20.920	2.270	9
		40	19.029	1.433	9
	Ca(NO ₃) ₂	10	6.722	2.094	9
		20	1.968	0.713	9
		30	1.240	0.492	9
		40	0.951	0.154	9

10 *Tabla 3. Resultados de la CRA de la composición absorbente de agua de la presente invención y del hidrogel comercial de poliacrilamida, en diferentes tipos y concentraciones de sales.*

Con el incremento de concentración de nitrato de calcio, Ca(NO₃)₂, la CRA de la composición absorbente de agua de la invención es estable frente a la disminución de
15 la CRA del hidrogel comercial de poliacrilamida, en función de la concentración de nitrato de calcio, hasta su inhibición por completo con 40 g/L (Figura 1). Con el incremento de concentración de nitrato de potasio, KNO₃, la CRA de la composición absorbente de agua de la invención se muestra estable en contraposición de la disminución significativa de la CRA del hidrogel comercial de poliacrilamida en función de la concentración de

nitrato de potasio (Figura 2).

A continuación, realizaron análisis comparativos entre la capacidad de retención de agua entre la composición de la invención y el copolímero de poliacrilamida bajo las diferentes concentraciones de las diferentes sales utilizadas mediante un análisis ANOVA (Tabla 4), donde se indica que existe una diferencia altamente significativa ($p < 0,05$) en la CRA para cada una de las variables, tanto para el tipo de agente retenedor de agua, como para el tipo de solución (nitrate de potasio y nitrate de calcio), cada una de sus concentraciones y además para sus combinaciones. La diferencia entre el tipo de sustrato se explica debido a que los valores de CRA del polímero de acrilamida decrecen notablemente hasta valores cercanos a cero, es decir, hasta que se anula su funcionalidad, mientras que la capacidad de la composición de la invención se mantiene constante. También estos resultados indican que algunos de los componentes afectan en mayor proporción la CRA que otros, como lo es el caso del Calcio (Ca) y la concentración de las sales: el Ca inhibe casi en su totalidad la función del polímero de acrilamida y el incremento de la concentración de cada una de las sales afecta a la CRA.

Casos	Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	p
Tipo Solución (KNO_3 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	5093.5	1	5093.470	969.87	< 0,001
Sustrato (composición invención- Poliacrilamida)	297.2	1	297.196	56.59	< 0,001
Concentración (de las dosis)	874.2	3	291.385	55.48	< 0,001
Tipo Solución x Sustrato	5200.3	1	5200.330	990.21	< 0,001
Tipo Solución x Concentración	290.3	3	96.755	18.42	< 0,001
Sustrato x Concentración	882.8	3	294.260	56.03	< 0,001
Tipo Solución x Sustrato x Concentración	242.4	3	80.803	15.39	< 0,001
Residual	672.2	128	5.252		

Tabla 4. Resultados análisis ANOVA.

Medición en campo de la eficiencia de la composición absorbente de agua

Para medir la eficiencia de la composición de la invención en cultivos en terrenos agrícolas, los inventores realizaron una comparación de la capacidad de retención de agua entre la composición de la invención frente a los hidrogeles sintéticos comerciales, midiendo el crecimiento y desarrollo vegetativo de los cultivos.

Las plantas tratadas con hidrogel comercial de poliacrilamida presentaron enanismo, presentaron daños en la raíz, y poco crecimiento, se evidenció daño por patógenos y muerte de las plantas evaluadas. Al final del ensayo se encontró que 3 plantas presentaron una altura a la copa de 90 cm. Solo 2 plantas presentaron una altura a la copa de 1,87 metros y un diámetro al pecho de 5 cm.

Sin embargo, en forma de polvo seco y de gel presentaron un buen desarrollo y vigor, las raíces de la planta fueron abundantes, sanas y con crecimiento óptimo, es decir, generaron buena biomasa representada en altura a la copa y diámetro al pecho.

Las plantas de Paulownia tratadas con la composición de la invención con un tamaño de partícula 250 μm presentaron un desarrollo exuberante, con una altura a la copa de 3,60 metros y diámetro al pecho de 15 cm. Las plantas que recibieron el tratamiento de 180 μm , presentaron un crecimiento óptimo con una altura a la copa de 2,80 metros y un diámetro al pecho de 12cm.