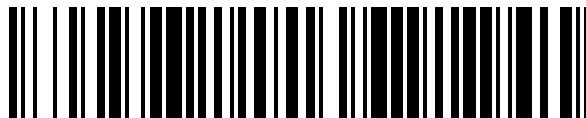


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 217 738**

21 Número de solicitud: 201831081

51 Int. Cl.:

A01G 20/00 (2008.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

10.07.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.09.2018

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)
C/ Serrano, 117
28006 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**BERNAL CALDERÓN, M^a Pilar;
CLEMENTE CARRILLO, Rafael y
MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Domingo**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO PARA LA REVEGETACIÓN DE SUELOS**

ES 1 217 738 U

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la revegetación de suelos

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para la revegetación de suelos, que
comprende simultáneamente una enmienda orgánica junto con dosis concretas de
semillas, y una enmienda de pH. El dispositivo comprende dos compartimentos
diferenciados recubiertos por envolturas de film termoselladas estables, pero
rápidamente solubles en agua, uno por cada enmienda y un elemento de unión que
10 mantiene unidas ambas envolturas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15 Los documentos US 3,316,676 y WO2011/091133 describen dispositivos que
consisten en un compartimento único recubierto por un material hidro-soluble que en
contacto con agua liberan su contenido. Dichos dispositivos comprenden sustratos con
condiciones estructurales y contenidos adecuados de nutrientes para la adecuada
germinación y desarrollo de semillas, que también están comprendidas en los
dispositivos, y que son en su conjunto, de utilidad para revegetar espacios sin
20 cobertura vegetal.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

25 El objeto de la invención es un dispositivo de doble enmienda y siembra, en adelante
dispositivo de la invención, que comprende dos compartimentos diferenciados,
formados cada uno de ellos por una envoltura cerrada de un film de polímero
hidrosoluble termosellada y un elemento de unión, y que incluyen en el primero de
ellos, al menos una enmienda orgánica mezclada con semillas de al menos una
especie adaptada a la zona a revegetar, y en el segundo de ellos al menos una
30 enmienda de pH que permita modificar el pH de los suelos de la zona a revegetar.
Ambos compartimentos están unidos entre sí, de forma que manteniendo su unidad
puedan ser colocados en el suelo uno encima del otro. El contacto con el agua permite
la disolución del polímero hidrosoluble liberando ambas enmiendas.

En una realización particular, el elemento de unión entre ambos compartimentos consiste en el sellado térmico conjunto de un lateral de cada compartimento, de forma que la superficie de unión actúe como una bisagra, manteniendo la unidad del dispositivo, de tal modo que cualquiera de los compartimentos pueda colocarse
5 completamente encima del otro.

En otra realización particular, el elemento de unión entre compartimentos es una tira de un film de un polímero hidrosoluble termosellado a las envolturas de cada uno de los compartimentos, y donde el termosellado se produce a lo largo de toda la longitud
10 de la tira o solo en un número reducido de puntos de unión entre la tira y los compartimentos que aseguren la unidad del dispositivo.

Las dimensiones de la tira de film de polímero hidrosoluble son tales que le permitan funcionar como una bisagra, manteniendo la unidad del dispositivo, de tal modo que
15 cualquiera de los compartimentos pueda colocarse completamente encima del otro. En una realización particular, la tira del film tiene una longitud igual a la de los lados de los compartimentos que están en contacto con la tira. En otra realización particular, la tira de film tiene una longitud inferior a la de los lados de los compartimentos que están en contacto con la tira y se localiza centrada en el punto medio de los mismos. En otra
20 realización particular, el elemento de unión son varias tiras de film de longitud inferior a la de los lados de los compartimentos que están en contacto con la tira de modo que se alterna una tira de film y una discontinuidad.

Este dispositivo permite la restauración de cualquier suelo, incluyendo los
25 contaminados o degradados, con una mínima intervención en el suelo. Esto es particularmente importante en suelos contaminados, ya que las prácticas de laboreo y fertilización provocan un gran movimiento de las partículas del suelo, y, por tanto, la dispersión de la contaminación a zonas colindantes al suelo a recuperar. Además, permite una reducción de los costes económicos, a consecuencia de la eliminación de
30 dichas labores agrícolas.

El uso del dispositivo de film hidrosoluble permite la fitorrestauración y creación de cubiertas vegetales, protegiendo las semillas y posponiendo su germinación y crecimiento hasta que las condiciones climatológicas sean favorables, lo que resulta
35 especialmente útil en climas áridos-semiáridos ya que no requiere aplicarlo en suelo

húmedo o proceder a su riego inmediatamente tras su instalación. Preferentemente, el dispositivo debe utilizarse colocando sobre el suelo la enmienda de pH y sobre la parte superior de ésta, la enmienda orgánica. De este modo, tras un evento lluvioso, cada una de las enmiendas puede llevar a cabo su función sin que se produzcan los efectos perjudiciales que por ejemplo se producen cuando las primeras raíces de las semillas contactan con los agentes modificadores del pH, singularmente:

- 5 - la enmienda de tipo orgánico favorece un emplazamiento inicial en el suelo, con una estructura y contenidos de nutrientes suficientes para el desarrollo inicial de las semillas a partir del propio dispositivo,
- 10 - la enmienda de pH permite modificar los valores inadecuados en el emplazamiento en el que se sitúa la enmienda orgánica y las semillas, y que será fundamental en el posterior desarrollo de la vegetación en el suelo.

Este hecho implica una reducción considerable de los costes al aumentar el porcentaje de éxito del establecimiento de la vegetación, al prescindir de la necesidad de riegos adicionales, reducir considerablemente la cantidad de materiales de enmienda por superficie, reducir las tareas de preparación del terreno y siembra, y permitir una mejor planificación. Entre sus ventajas frente a los métodos tradicionales de siembra o trasplante se encuentran:

- 20 - Envuelta de film completamente biodegradable con alta velocidad de disolución en agua, ventajosa frente a otros productos de embalaje como malla de geoyutta o red de coco que permanecen en el suelo.
- Posibilidad de utilizar enmienda ecológica, que podría ser formulada a partir de subproductos y residuos, lo que permite su revalorización.
- 25 - Pospone la emergencia de semillas hasta el evento de lluvia, especialmente útil en ambientes áridos-semiáridos.
- Ahorro de agua por no necesitar riego inicial y alta capacidad para retener la humedad.
- 30 - Fácil manipulación (film imprimible, antiestático, limpio, resistente, termo-sellable) sin necesidad de embalajes, pegamentos o etiquetado adicional.
- Fácil establecimiento en campo sin necesidad de arado general del suelo, reduciendo el impacto medioambiental, especialmente relevante en áreas contaminadas donde el arado favorece la dispersión de la contaminación a áreas colindantes.
- 35 -Realización de labores de revegetación de forma más eficiente, puesto que a

diferencia de lo que pasa con el tratamiento convencional en el que es necesario preparar y enmendar el terreno con anterioridad a la siembra de las semillas (en fechas diferentes) con el dispositivo de la invención se puede hacer todo con una única intervención.

- 5 - Disminución de las dosis de enmienda utilizada por superficie de terreno.
- Liberación lenta de nutrientes desde la enmienda (en función de la misma), hasta un año después de su aplicación.
- Permite variar la proporción enmiendas y/o semillas en función de las necesidades del suelo, del ecosistema, o del uso.
- 10 - Aplicación localizada en zonas concretas, aprovechando las zonas con mejores condiciones, sin tener que homogeneizar la capa superficial.
- Protección de las semillas frente factores abióticos e insectos y aves que pudieran comérselas.
- Aporte de materia orgánica al suelo que mejora su fertilidad químico-física y biológica.
- 15 - Modificación del pH en entornos con valores extremos de pH que dificultan y/o impiden la germinación y desarrollo inicial de la vegetación.

El carácter ecológico de su envuelta (atoxicidad, biodegradabilidad y solubilidad en agua) permite su utilización en cualquier área, pero especialmente en aquellas protegidas y frágiles (parques naturales, jardines infantiles, etc.). Su establecimiento en el suelo resulta fácil y rápido, al introducirlo en agujeros a pocos centímetros de la superficie, sin necesidad de extensivos tratamientos del suelo (arado, pre-tratamientos), lo que disminuye el impacto medioambiental, facilita su manipulación, y reduce los costes. El contenido del dispositivo puede ser ajustado a las características y necesidades del suelo y ecosistema, eligiendo aquella proporción y/o contenido de semillas y de enmiendas que requiera el área a tratar.

En una aplicación particular, las enmiendas pueden proceder del reciclado de residuos, restos o subproductos:

- a) de origen orgánico, por ejemplo, residuos procedentes de procesos de producción de la industria alimentaria, tales como alperujo o vinazas; residuos procedentes de procesos industriales, por ejemplo, lodos de estación depuradora o materiales digeridos por biometanización; residuos agrícolas o forestales; residuos ganaderos (estiércoles,

guanos, y purines); restos de algas y plantas marinas; bien sea de forma individual o combinados, para la enmienda orgánica; y,

b) de materiales con potencial para modificar el pH

por ejemplo, residuos procedentes de procesos industriales, tales como lodos calizos y lodos de industria papelera; o residuos procedentes de la industria agroalimentaria, por ejemplo, residuos de conchas de moluscos, y espuma azucarera, bien sea de forma individual o combinados, para enmienda básica; o alperujo para la enmienda ácida, todo lo cual constituye una utilidad adicional derivada que es el reciclado y revalorización de dichos residuos.

10

Los residuos, y los restos o subproductos orgánicos deben utilizarse cuando hayan alcanzado un nivel adecuado de estabilización microbiológica, de higienización, no presenten problemas de fitotoxicidad y presenten una estructura y textura adecuadas para retener humedad, así como un contenido adecuado de macro y micro nutrientes.

15

En una realización particular la adecuación del material orgánico se consigue a través del compostaje. Cualquier material orgánico es susceptible de ser compostado y se encuentra dentro del ámbito de esta invención. Ejemplos de compost, a título indicativo y que se pueden utilizar en el dispositivo de la invención se pueden encontrar en la sección de ejemplos de este documento.

20

En otras aplicaciones particulares, es posible utilizar también como enmiendas productos que cumplen con los requisitos de estabilización y otros indicados más arriba, que no provienen del reciclado de residuos, por ejemplo turbas, o sustratos comerciales, bien sea de forma individual o combinados, para la enmienda orgánica, u otras sustancias, naturales o sintéticas para modificar el pH del sustrato, como por ejemplo calizas, carbonatos, azufre elemental, yeso, sulfato de hierro, ácidos (fosfórico, nítrico, cítrico), nitrosulfato amónico, nitrato amónico, fosfato monoamónico o urea, bien sea de forma individual o combinados.

30

La enmienda orgánica pueda comprender además otros materiales estructurantes que ayuden a obtener unas condiciones texturales idóneas para el desarrollo de la vegetación, ejemplos de esto son: corteza de pino, restos de poda, fibra de coco, biocarbón (biochar) o zeolitas, bien sea de forma individual o combinados.

35

La enmienda orgánica también puede incluir cualquier sustancia que contribuya a favorecer el desarrollo de la vegetación, como insecticidas, nematocidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, reguladores del crecimiento de la planta, sinérgicos, fertilizantes, estimulantes y microorganismos (bacterias promotoras del crecimiento o micorrizas).

El polímero del dispositivo debe ser hidrosoluble, biodegradable y estable mientras no contacta con agua, con el fin de que no contamine los suelos a revegetar. En una realización preferida, el polímero hidrosoluble del dispositivo es un plástico basado en PVOH (polivinil alcohol), PHA (polihidroxicanoato), PHB (polihidroxi butirato), PHV (polihidroxi valerato), pululano (polisacárido), PLA (ácido poliláctico), PCL (policaprolactona). Preferiblemente el polímero hidrosoluble se utiliza en forma de film.

La enmienda orgánica debe mantener una proporción de humedad adecuada para favorecer la conservación y posterior germinación de las semillas. En una realización preferida, la enmienda orgánica contiene una humedad de entre 25 y 45% en peso. En una realización más preferida, la enmienda orgánica contiene una humedad de entre 30 y 40%.

Las semillas incluidas en la enmienda orgánica pueden ser semillas silvestres y/o semillas certificadas comerciales, individuales o en combinaciones que se adaptarán a la circunstancia concreta.

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

FIG. 1 Muestra la solubilidad de film Hydrolene® tipo LTFKJ de 30 µm de grosor (izquierda) y tipo reciclado (derecha), donde se observa restos del film en el fondo del vaso.

35

FIG. 2 Muestra los dispositivos realizados con material reciclado: a) formación de costras con el suelo, y b) resistencia al agua en el suelo.

FIG. 3 Muestra la pérdida de humedad de los dispositivos durante el tiempo de almacenamiento, en función de la humedad inicial de la enmienda (n=5).

FIG. 4 Muestra la humedad final de los dispositivos tras el periodo de almacenamiento (n=5).

FIG. 5 Muestra la emergencia de las plántulas en los dispositivos con diferente salinidad sembrados en suelo contaminado por elementos traza (5 semillas por dispositivo; n=3).

FIG. 6 Muestra el dispositivo de la invención con dos secciones unidas mediante termosellado: enmienda orgánica con las semillas y enmienda de pH para modificar el pH del suelo.

FIG. 7 Muestra la siembra del dispositivo de la invención.

FIG. 8 Muestra el desarrollo de las plantas tras 30 días de experimento en los suelos con dispositivo (izquierda) a dos dosis de semillas (X y 2X) y con y sin compost (X+C) en los suelos sin dispositivo (derecha). Suelo no contaminado (NC), sustrato turba+perlita como control (Sustrato) y suelo contaminado por elementos traza (Suelo C).

FIG. 9 Muestra el desarrollo de las plantas tras 50 días del experimento en los suelos con dispositivo (izquierda) a dos dosis de semillas (X y 2X) y con y sin compost (X+C) en los suelos sin dispositivo (derecha). Suelo no contaminado (NC), sustrato turba+perlita como control (Sustrato) y suelo contaminado por elementos traza (Suelo C).

FIG. 10 Muestra el crecimiento de las plantas en suelo contaminado por elementos traza: a la izquierda siembra directa de las semillas sobre suelo enmendado previamente; a la derecha siembra mediante el dispositivo de doble enmienda.

35

FIG. 11 Muestra la evolución de la emergencia de *Silybum marianum* en el suelo contaminado mediante siembra directa y mediante el doble dispositivo con compost de estiércol (E) o de alperujo (A) (izquierda). Número de plantas de *Piptatherum miliaceum* obtenidas en el suelo mediante los mismos procedimientos de siembra (derecha).

FIG. 12 Muestra el crecimiento de las raíces de *Piptatherum miliaceum* sembradas mediante el dispositivo de doble enmienda en suelo contaminado.

10 EJEMPLOS

A continuación, se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que ponen de manifiesto la necesidad de mantener una serie de características técnicas, para obtener la mayor efectividad del dispositivo de la invención.

1. Envoltura

El material de recubrimiento de los compartimentos de las dos enmiendas, la orgánica y la de pH consiste en un film termosellable de polímero biodegradable hidrosoluble, fabricado por la empresa ECOPOL SA. Se probaron diferentes tipos de film hidrosoluble de Hydrolene®. El material utilizado se degrada en conformidad con el reglamento: DIN54900, ISO14851, ISO14852, ASTM D5209, ASTM D6691, EN 14047.

Se utilizaron 3 materiales: Hydrolene® tipo LTFKJ de 30 mm de grosor; el mismo material de 15 mm de grosor; y film Hydrolene reciclado con >60 mm de grosor. Los dos primeros mostraron una solubilidad en agua destilada a 20 °C muy rápida, con rotura del material en 5 segundos y disolución total en 6 minutos, sin residuos. Sin embargo, el material reciclado necesitó al menos 20 segundos en contacto con el agua para su rotura y su disolución en agua no fue total, quedando restos de material en suspensión (figura 1). Así, los dispositivos realizados con este material (Hydrolene reciclado) formaron unas costras con el suelo, que demostraron su baja solubilidad en el suelo húmedo (figura 2a) y con dificultad en absorber el agua por parte de la enmienda, permaneciendo inalterados por periodos prolongados en el suelo (figura 2b).

Respecto a su capacidad de termosellado, todos los materiales funcionaron correctamente, aunque el material reciclado requirió mayor tiempo de sellado. El material de menor grosor fue difícil de manejar a la hora de preparar los dispositivos y se deformaba fácilmente. Por todo ello se seleccionó Hydrolene tipo LTFKJ de 30 mm
5 de grosor para la realización de los ensayos que se incluyen a continuación, sin embargo, cualquier material termosellable de polímero biodegradable hidrosoluble podría ser utilizado para la elaboración del dispositivo de la invención.

10 **2. Enmiendas y factores a tener en cuenta de las mismas**

2.1. Enmienda orgánica

Se incluye a continuación la caracterización de una enmienda orgánica, como el compost, utilizada como una posible alternativa para el dispositivo de la invención y se establecen los requisitos en cuanto a una serie de parámetros fundamentales para el
15 crecimiento y desarrollo de la vegetación, que sin embargo serán de aplicación para cualquier otro tipo de enmienda orgánica.

2.1.1. Compost

Se ensayaron dos compost de distinto origen con alto grado de humificación y
20 estabilidad microbiológica ausentes de fitotoxicidad. Ambos materiales cumplen con los requisitos establecidos en el *Real Decreto 999/2017, de 24 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes*, para Enmienda Orgánica Compost, Enmienda Orgánica Compost de Estiércol y Compost de Alperujo (Anexo I). Concretamente los compost utilizados no
25 provienen de FORSU (fracción orgánica de residuo sólido urbano), se prepararon a partir de materiales orgánicos frecuentes, estiércol y alperujo por lo que son compost abundantes en España.

La diferente densidad de ambos compost hace que el mismo peso requiera un mayor
30 tamaño del dispositivo en el caso del compost de estiércol. Se fijó por tanto la cantidad de enmienda en 3 g de compost de estiércol y 4 g para compost de alperujo.

2.1.2. Humedad

La humedad de la enmienda orgánica, en este caso compost, en el interior del
35 dispositivo debe ser adecuada para que este material guarde sus propiedades físicas

durante su almacenamiento, pero sin alterar el material de recubrimiento ni provocar la germinación de las semillas.

5 Se realizó un ensayo para determinar el intervalo óptimo de humedad del compost dentro del dispositivo. Se utilizó compost de alperujo (4 g) con 6 contenidos de humedad: seco <5%, 20, 30, 40 y 50 %, usando el film Hydrolene tipo LTFKJ de 30 μ m. También se utilizó el film reciclado con compost al 50 % de humedad, a fin de comparar el comportamiento de ambos materiales en el dispositivo. El dispositivo se realizó con semillas de berro debido a su rápida germinación (24 h) y a que se utiliza
10 en los ensayos de germinación en compost (3 semillas por dispositivo). Los dispositivos se almacenaron al aire en el laboratorio con 20 °C de temperatura. En la figura 3, se observa la pérdida de humedad de los dispositivos a lo largo del tiempo de almacenamiento.

15 Los dispositivos con la enmienda al 20 y 30 % de humedad perdieron un 10 % en las primeras 24 h de almacenamiento, mientras que alcanzó el 16,75 % en el caso del dispositivo con 50 % de humedad y film no reciclado. La pérdida de humedad fue aumentando durante los 3 primeros días de almacenamiento y posteriormente los valores se estabilizaron. Dichas pérdidas fueron mayores al aumentar la humedad
20 inicial de la enmienda, pero el compost seco (< 5% humedad) mostró inicialmente un ligero aumento de humedad (reflejado en pérdida negativa; Fig. 3). El material reciclado llevó a menores pérdidas de humedad de la enmienda que el film seleccionado, pero, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, los valores fueron muy próximos.

25 La humedad de las enmiendas dentro del dispositivo tras 144 h de almacenamiento no superó el 20 %, ni con valores iniciales del 50 % (Fig. 4). Sin embargo, se comprobó que las semillas de berro no germinaron en ningún dispositivo antes de su colocación en el suelo, ni siquiera en aquellos preparados con el 50 % de humedad.

30 Por todo ello, se consideró que la humedad de la enmienda orgánica a utilizar en el dispositivo debe estar preferiblemente entre el 30-40 %. Valores inferiores pueden secarse excesivamente durante su almacenamiento, provocando un deterioro en sus propiedades físicas, mientras que valores superiores al 40 % aceleran la desecación, e
35 incluso se observó una cierta deformación del recubrimiento por absorción de agua en

los dispositivos con enmienda de humedad 50 %. Además, según la legislación actual de fertilizantes, el valor máximo permitido de humedad en los diversos epígrafes de compost se sitúa en el 40 % de humedad.

5 2.1.3. Salinidad

Se prepararon dispositivos a partir de compost de estiércol porcino con conductividad eléctrica elevada (4,8 dS m⁻¹), que se diluyó con fibra de coco o con biochar en varias proporciones de forma que generara un gradiente de salinidad (Tabla 1). Se construyeron los dispositivos con el film hidrosoluble seleccionado, 3 g del compost o mezclas y 5 semillas de berro en cada dispositivo. Los dispositivos se sembraron en macetas de 5x5 cm con suelo minero, con elevadas concentraciones de elementos traza, procedente de El Gorguel (Cartagena, Murcia), usando 3 repeticiones por tratamiento.

15 La emergencia de las plántulas se retrasó en los dispositivos con mezcla de compost+biochar con respecto a los preparados con fibra de coco, a pesar de que dieron lugar a unos valores similares de conductividad eléctrica (Figura 5). Las mezclas M3 y M4 con proporciones compost: fibra de coco de 40:60 y 20:80 produjeron una emergencia de las plantas más rápida que en los dispositivos con mayor proporción de compost y mezclas con biochar. Todas las mezclas con fibra de coco alcanzaron el 100 % de emergencia. Posteriormente (10 días después) el desarrollo de las plantas fue muy bueno en las mezclas M3 y M4, con plantas grandes y sanas, mientras que las plantas en la mezcla M6 (compost:biochar, 40:60) fueron las que se desarrollaron peor (datos no mostrados).

25

Tabla 1. Composición de las enmiendas preparadas a partir de compost de estiércol y mezclas con diferente salinidad.

Enmienda	Compost (% volumen)	Diluyente	Proporción del diluyente	Conductividad eléctrica (dS/m)	pH
M1	100	Ninguno	0	4,8	7,6
M2	60	Fibra coco	40	3,5	7,8
M3	40	Fibra coco	60	2,8	7,1
M4	20	Fibra coco	80	1,0	6,8

M5	60	Biochar	40	3,6	8,1
M6	40	Biochar	60	2,9	8,3

Según este ensayo, la salinidad del compost no influyó significativamente en la emergencia de las plantas, pero la mezcla con fibra de coco mejoró su desarrollo, probablemente asociado a una mejor asimilación de los nutrientes por un menor pH de dichas mezclas. El uso de biochar para la preparación de la enmienda no resultó recomendable.

2.2. Proporción de semillas

En experimentos en semillero se fijó la cantidad de semilla por dispositivo de las 5 especies seleccionadas:

- *Atriplex halimus*: 0,02; 0,04; 0,06 g
- *Dittrichia viscosa*: 0,005; 0,010; 0,015 g
- *Nicotiana glauca*: 0,005; 0,010; 0,015 g
- *Piptatherum miliaceum*: 0,005; 0,010; 0,015 g

Se utilizó 3 g de compost de alperujo por dispositivo y se sembraron 3 dispositivos por especie en un suelo calizo no contaminado, dispuesto en un macetero grande de 30 kg de capacidad, situado al aire libre, bajo condiciones naturales. Características del suelo: pH 8,0; conductividad eléctrica 1,06 dS m⁻¹; materia orgánica 2,28 %; carbonatos totales 50,6 %; capacidad de retención hídrica 32,6 %; y textura franco arcillo arenosa.

Debido a que las semillas silvestres se recogieron en el campo, su porcentaje de germinación generalmente es bajo. Esta situación se puso de manifiesto en *N. glauca* y *D. viscosa*, con una planta por dispositivo en todas las proporciones. Las plantas obtenidas de *A. halimus* variaron entre 2 y 3 por dispositivo. En *P. miliaceum* se obtuvieron una media de 2 plantas por dispositivo en las dos proporciones más bajas, y una media de 4 en la mayor proporción.

En un siguiente experimento se aumentaron las dosis de semillas para asegurar su germinación. Las especies fueron: *Atriplex halimus*, *Nicotiana glauca*, *Piptatherum miliaceum* y *Zygophyllum fabago*. Se eliminó *D. viscosa* debido a su escasa germinación en el experimento anterior y baja disposición de semillas. En su lugar se

ensayó *Z. fabago*. Respecto a las dosis de semillas, se puede concluir que las menores proporciones utilizadas en los dispositivos fueron suficientemente abundantes para cubrir la superficie de suelo ensayada: *A. halimus* 0,1 g, *N. glauca* 0,2 g, *P. miliaceum* 0,4 g, *Z. fabago* 25 semillas por dispositivo.

5

Hay que tener en cuenta que las semillas silvestres poseen menor tasa de germinación que las semillas certificadas agrícolas, además dicha tasa de germinación es muy variable y no garantizada. Por ello es recomendable aplicar una dosis alta de semillas para asegurar una buena germinación y emergencia.

10

Se realizó un nuevo ensayo con suelo contaminado por elementos traza con pH neutro (7,0) y elevada salinidad (3,1 dS m⁻¹) y bajo en materia orgánica (0,8 %). Se utilizó compost de estiércol (3 g) y se aumentaron las proporciones de semillas en cada dispositivo:

15

- *Atriplex halimus*: 0,05; 0,10; 0,20 g
- *Dittrichia viscosa*: 0,02; 0,05; 0,01 g
- *Nicotiana glauca*: 0,02; 0,05; 0,10 g
- *Piptatherum miliaceum*: 0,02 g

20

Las primeras semillas en emerger fueron *P. miliaceum* y *N. glauca*, tras 6 días de la siembra.

2.3. Enmienda de pH

25

Pensado para modificar condiciones de acidez, concretamente para incrementar el pH de suelos ácidos (pH<5.5), se seleccionó lodo de industria papelera como enmienda caliza. La proporción de lodo de papelera se fijó en un experimento previo. Según la proporción de enmienda orgánica, y la capacidad tamponante del lodo de industria papelera, se fijó la cantidad de 0,75 g de lodo por dispositivo.

30

3. Ensayos de validación

3.1. Ensayos bajo condiciones controladas utilizando la enmienda orgánica

35

Los ensayos de validación se llevaron a cabo con diversos suelos en semilleros bajo condiciones controladas en cámara de cultivo. El objeto de este estudio fue comprobar la eficacia de la enmienda orgánica en suelos tanto contaminados como suelos pobres

o degradados. Para ello se seleccionaron los siguientes suelos: un suelo contaminado por elementos traza procedente de la Sierra Minera de La Unión (Cartagena, Murcia), concretamente de la pedanía de El Llano del Beal (Suelo C); un suelo arenoso pobre en materia orgánica y no contaminado procedente de la provincia de Segovia (NC); un
 5 suelo control positivo consistente en un sustrato mezcla 2:1 (v:v) de turba y perlita (Sustrato).

Se utilizó un compost de estiércol como enmienda orgánica y 4 especies vegetales a dos dosis:

<i>Atriplex halimus</i>	0,10 g	0,20 g
<i>Nicotiana glauca</i>	0,20 g	0,40 g
<i>Piptatherum miliaceum</i>	0,40 g	0,80 g
<i>Zygophyllum fabago</i>	25 semillas	50 semillas

10

Se optó por dosis altas para asegurar una buena germinación. El estudio se realizó en semilleros de alveolos de 5x5 cm y 200 g de capacidad. Se realizó un estudio comparativo en las mismas condiciones, pero sin dispositivo, mezclando las enmiendas con los suelos y sembrando las semillas correspondientes.

15

Se colocaron los dispositivos en cada alveolo, se sembraron las semillas en los semilleros control sin dispositivo, y se regó superficialmente con agua destilada (20 ml por alveolo). Se comprobó que los dispositivos se deshacían a los 30 segundos. Se colocaron los semilleros en la cámara de cultivo bajo condiciones controladas: 18 °C
 20 noche y 24 °C día; con 12h día/noche a 70% de humedad.

Tras 15 días comenzaron a germinar *P. miliaceum* (en todos los suelos) y *N. glauca* principalmente en el suelo control. Tras 30 días se observa que las plantas de *N. glauca* cubrieron toda la superficie del sustrato y del suelo contaminado en el
 25 dispositivo con la dosis mayor de semillas. En cambio, en los suelos sin dispositivo la aplicación de compost, aunque favoreció el desarrollo de las plantas en el suelo contaminado, estas resultaron menores que en el suelo con el dispositivo (figura 8). Hay que destacar la escasa presencia de plantas en el suelo no contaminado. *P. miliaceum* cubrió toda la superficie de los suelos con el dispositivo, y su
 30 comportamiento fue similar en los suelos sin dispositivo, con excepción del suelo contaminado, en el que las plantas se desarrollaron escasamente en ausencia de

compost. Respecto a *A. halimus*, su crecimiento resultó bastante dispar, con escaso desarrollo en el suelo no contaminado con y sin dispositivo, y con bastante variabilidad con el dispositivo de doble dosis de semilla en el suelo contaminado. *Z. fabago* creció mejor en los suelos con el dispositivo que mediante siembra directa (sin dispositivo),
5 donde solo el suelo contaminado enmendado con compost mostró resultados similares al dispositivo.

Tras 50 días, los resultados demostraron el mejor desarrollo de las plantas de *N. glauca*, *P. miliaceum* y *Z. fabago* en los suelos con el uso del dispositivo (figura 9).
10 Tanto *A. halimus* como *N. glauca* fueron especialmente recomendables para suelos contaminados, con escaso desarrollo en el suelo arenoso no contaminado. Respecto a las dosis de semillas, sería suficiente la menor proporción utilizada en los dispositivos.

3.2. Ensayos en condiciones reales con el dispositivo de la invención

15 Se realizó un experimento en jardineras de gran tamaño (30 kg de suelo) bajo condiciones ambientales, comparando la aplicación del dispositivo con la aplicación de las enmiendas al suelo y siembra directa. Se utilizó un suelo contaminado por elementos traza de origen minero, procedente de la rambla de Portmán, en la Sierra
20 Minera de La Unión. El suelo era ácido (pH 4,1), no salino (conductividad eléctrica 0,22 dS/m), pobre de materia orgánica (0,47 %) y nitrógeno (1,0 g/kg), con textura arenosa, y elevados niveles de elementos traza (mg/kg): As 1980, Cd 12, Cu 230, Pb 19000, y Zn 2260. El dispositivo de la invención se preparó tanto con compost de estiércol como con compost de alperujo, usando dos tipos de semillas: *S. marianum* (3
25 semillas/dispositivo) y *P. miliaceum* (0,01 g/dispositivo). La enmienda caliza, contenía 0,75 g de lodo de industria papelera. Cada parte se selló individualmente y luego se volvieron a sellar térmicamente por un lateral de cada parte del dispositivo. Cada jardinera con 25 kg de suelo se dividió en 2 partes (figura 10), en una parte se aplicaron 16 unidades del dispositivo de doble enmienda (8 de cada especie, usando 4
30 de cada compost), en 4 filas de 4 dispositivos con unos 5 cm de distancia entre ellos. Con dos semanas de anterioridad, en la otra parte de la jardinera se aplicaron las enmiendas en doble proporción de la que proporcionaron los dispositivos, tanto el compost, como la enmienda caliza (lodo de industria papelera), se homogeneizaron con el suelo y se dejaron equilibrar hasta la siembra. En el suelo sin dispositivo se
35 sembró la misma cantidad de cada especie que la incluida en los 16 dispositivos en la

misma fecha. Tanto los dispositivos como la siembra de las semillas se realizaron en 4 líneas paralelas, una para cada especie de planta y para cada tipo de compost (figura 10). Tras la siembra, se procedió al riego.

5 La siembra con el dispositivo de la invención, se realizó practicando un hoyo en el suelo, en el que se introduce el dispositivo de la invención con la enmienda caliza en la parte inferior, tocando el suelo, y la enmienda orgánica colocada encima de la enmienda caliza (Fig. 7) De esta forma, una vez que el suelo está húmedo, se liberó la enmienda caliza alrededor del dispositivo neutralizando la acidez del suelo y
10 permitiendo el crecimiento de las raíces tras la germinación de las semillas en la enmienda orgánica.

Las primeras plantas en emerger fueron *S. marianum* en el suelo sin dispositivo y con el dispositivo preparado con compost de estiércol tras 20 días de la siembra. Mientras
15 que con dispositivo compuesto por compost de alperujo las plántulas se observaron a los 27 días y se completaron tras 44 días de la siembra. En ambos tipos de dispositivos se obtuvo un 50 % de germinación, valor bastante elevado para una especie silvestre, mientras que en el suelo sin dispositivo la germinación fue del 25 y 50 % en cada una de las líneas de siembra.

20 La especie *P. miliaceum* fue más lenta en emerger, necesitando 27 días para observar las primeras plantas procedentes de los dispositivos, y siendo completa tras 44 días. En este caso se obtuvieron mayor número de plantas en el suelo con dispositivo (23 y 28 para el dispositivo con compost de estiércol y de alperujo, respectivamente) y 18-19
25 por línea en el suelo sin dispositivo, a pesar de haber sembrado la misma cantidad de semilla en cada zona (ver figura 11).

El crecimiento fue adecuado y similar en los dos modos de siembra (figura 12). Como se aprecia en las fotografías de la figura 12, las raíces de las plantas salieron de la
30 enmienda orgánica creciendo en el suelo contaminado.

No se observaron diferencias en el crecimiento entre ambos métodos de siembra, lo que indica la viabilidad del dispositivo de la invención para la fito-estabilización. Aunque el compost de alperujo retrasó la aparición de *S. marianum*, se logró el mismo
35 número de plantas que con el compost de estiércol. La emergencia de esta especie

mediante siembra directa en el suelo enmendado fue menos homogénea que con el dispositivo. El dispositivo claramente mejoró la aparición de *P. miliaceum*.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo que comprende:
- a. un primer compartimento con al menos una enmienda orgánica que
5 contiene semillas de al menos una especie vegetal,
 - b. un segundo compartimento que comprende al menos una enmienda de pH,
y
 - c. un elemento de unión entre los dos compartimentos que permite que uno
10 de los compartimentos se coloque encima del otro compartimento
manteniendo la unidad del dispositivo,
donde cada compartimento está recubierto individualmente por una envoltura
cerrada de un film de un polímero hidrosoluble.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde la envoltura de film de polímero
15 hidrosoluble de cada compartimento está termosellada.
3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde el elemento de
unión entre compartimentos es la superficie termosellada de contacto entre los dos
compartimentos.
20
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde el elemento de
unión entre compartimentos es una tira de un film de polímero hidrosoluble que
tiene una longitud igual o menor a la de los lados de los compartimentos que están
en contacto con la tira.
25
5. Dispositivo según la reivindicación 4, donde la tira de polímero hidrosoluble que
une los dos compartimentos está termosellada a cada uno de los compartimentos.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la enmienda
30 orgánica del primer compartimento comprende materiales de origen orgánico que
se seleccionan de entre residuos, restos o subproductos procedentes de procesos
de producción de la industria alimentaria, residuos procedentes de procesos
industriales, residuos agrícolas o forestales, residuos ganaderos y restos de algas
y plantas marinas, o combinaciones de los anteriores.
35

7. Dispositivo según la reivindicación 6, donde la enmienda orgánica comprende un producto que se selecciona de entre al menos un insecticida, al menos un nematocida, al menos un acaricida, al menos un fungicida, al menos un herbicida, al menos un regulador del crecimiento de la planta, al menos un fertilizante, al menos un estimulante y al menos un microorganismo promotor del crecimiento de las plantas.
8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 7, donde la enmienda orgánica comprende un material estructurante.
9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la enmienda orgánica es un material compostado.
10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde la enmienda de pH del segundo compartimento se selecciona de entre residuos, restos o subproductos procedentes de procesos industriales y residuos procedentes de la industria agroalimentaria, o combinaciones de los anteriores.
11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 donde la enmienda orgánica contiene una humedad de entre 25 y 45% en peso.
12. Dispositivo según la reivindicación 11 donde la enmienda orgánica contiene una humedad de entre 30 y 40% en peso.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde el polímero hidrosoluble es un plástico basado en PVOH, PHA, PHB, PHV, pululano, PLA, PCL o combinaciones de los mismos.

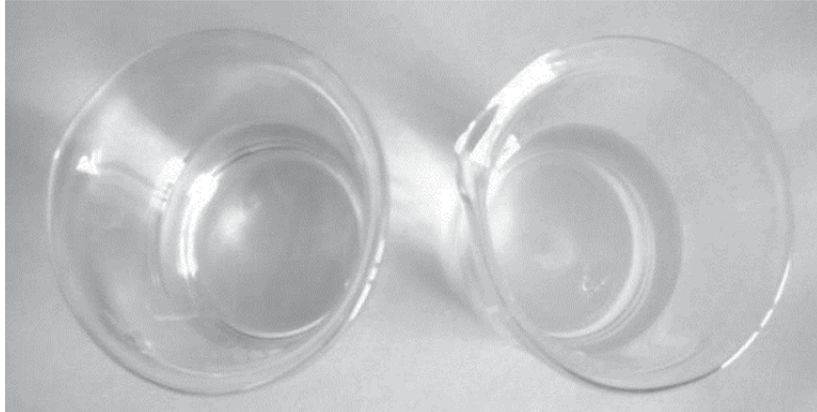


FIG. 1

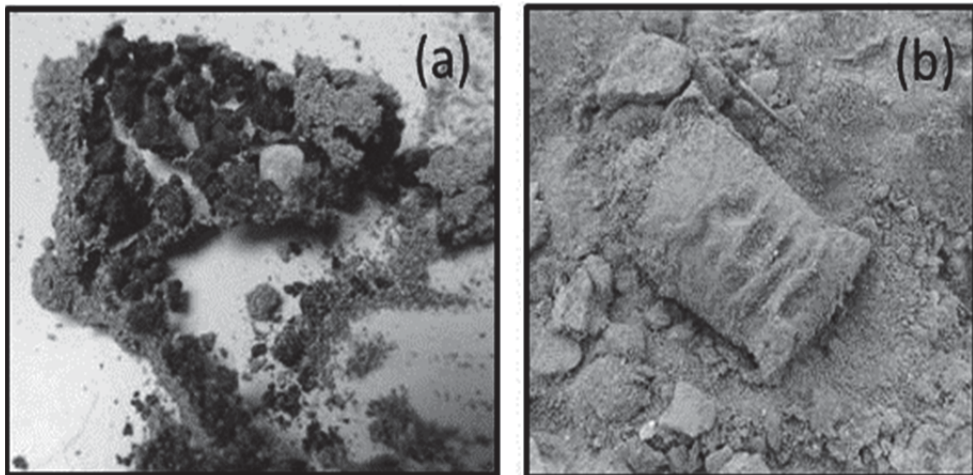


FIG. 2

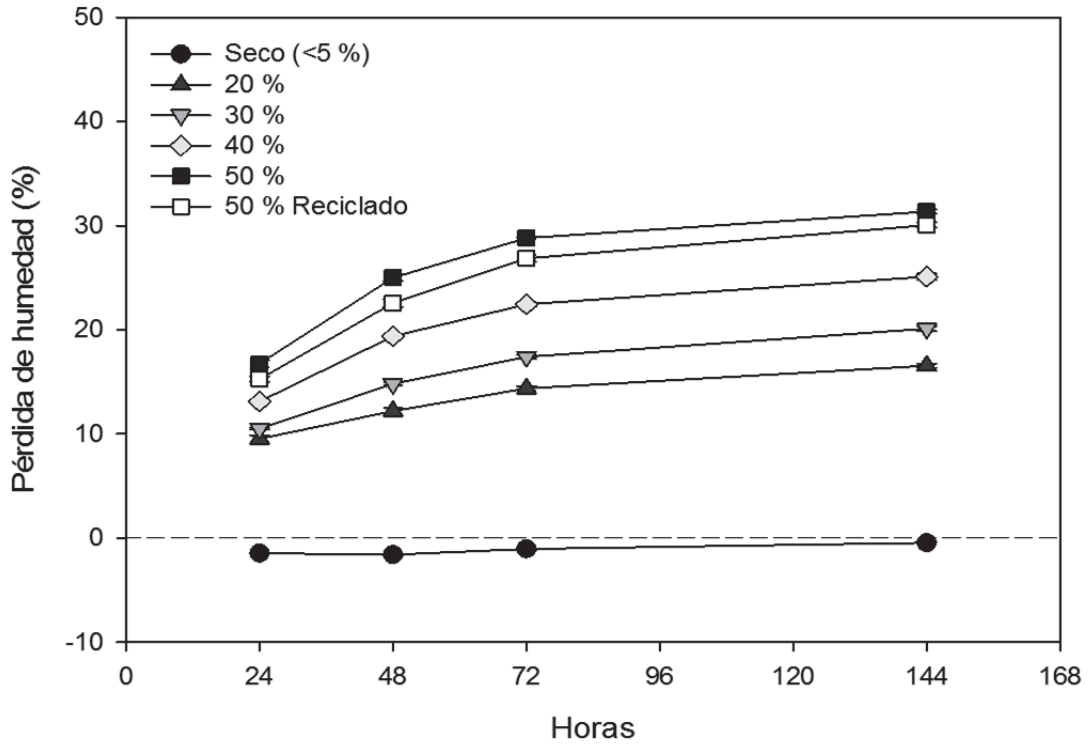


FIG. 3

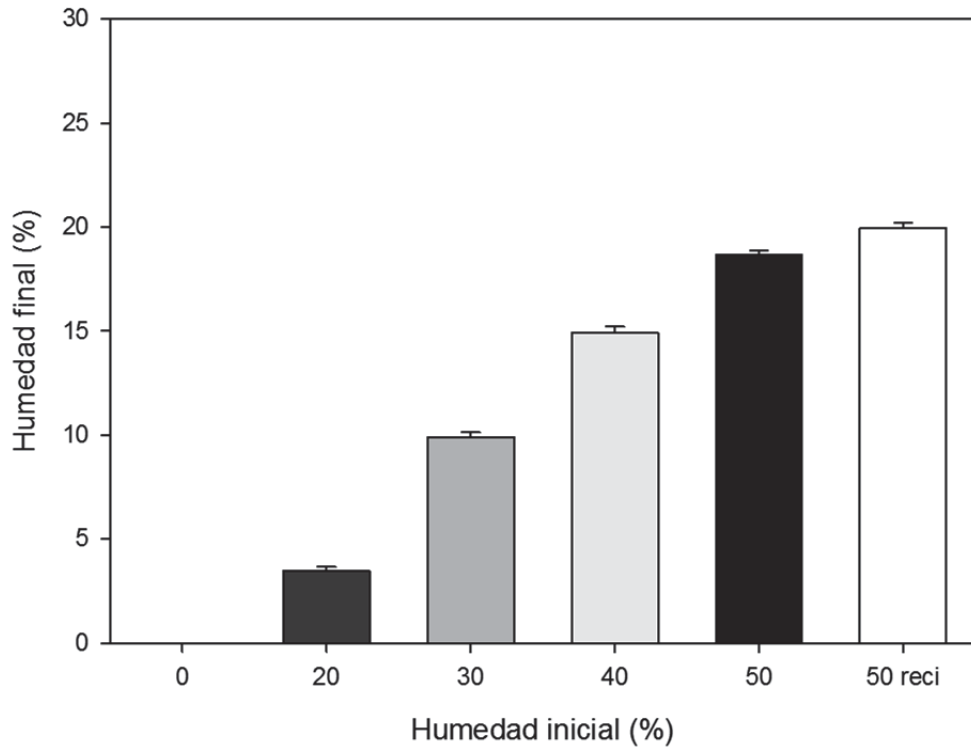


FIG. 4

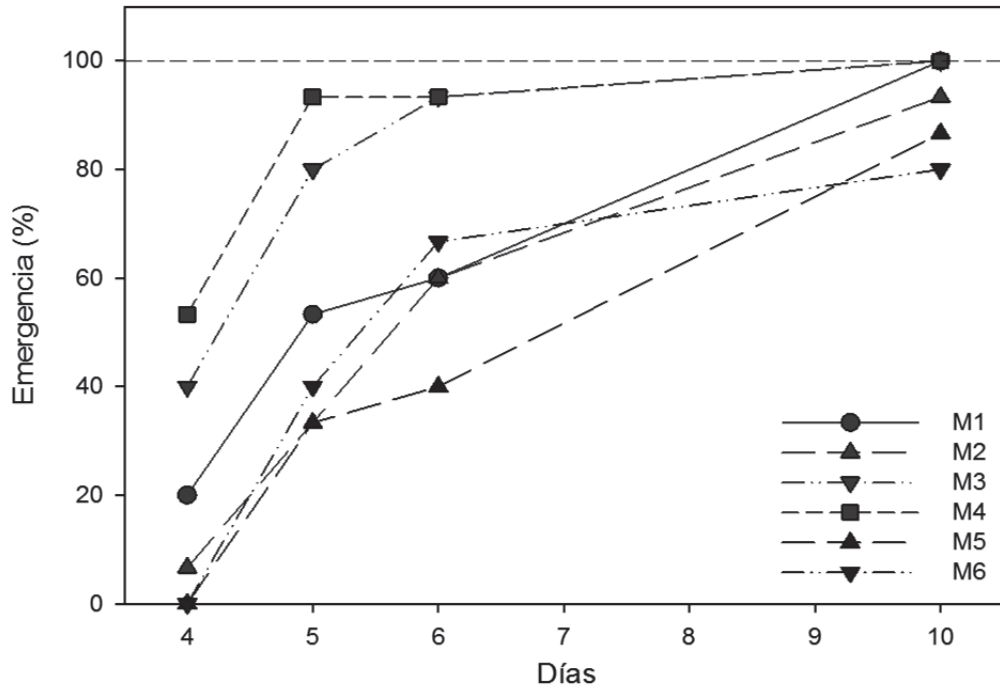


FIG. 5

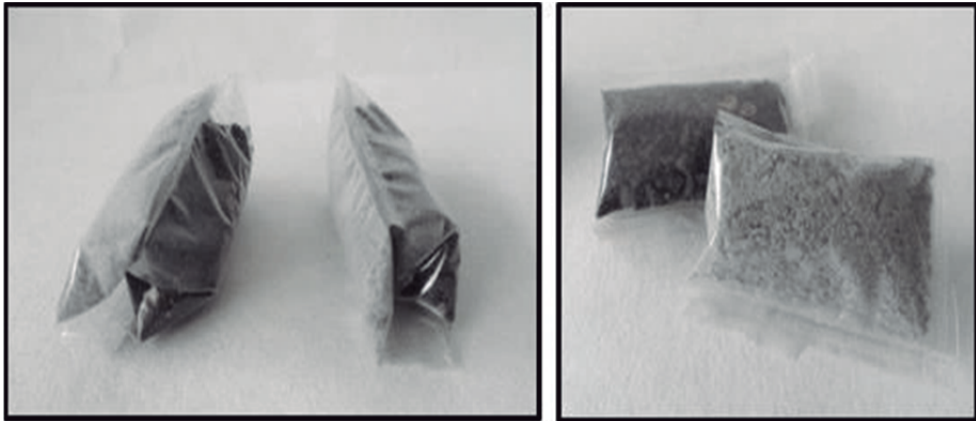


FIG. 6



FIG. 7

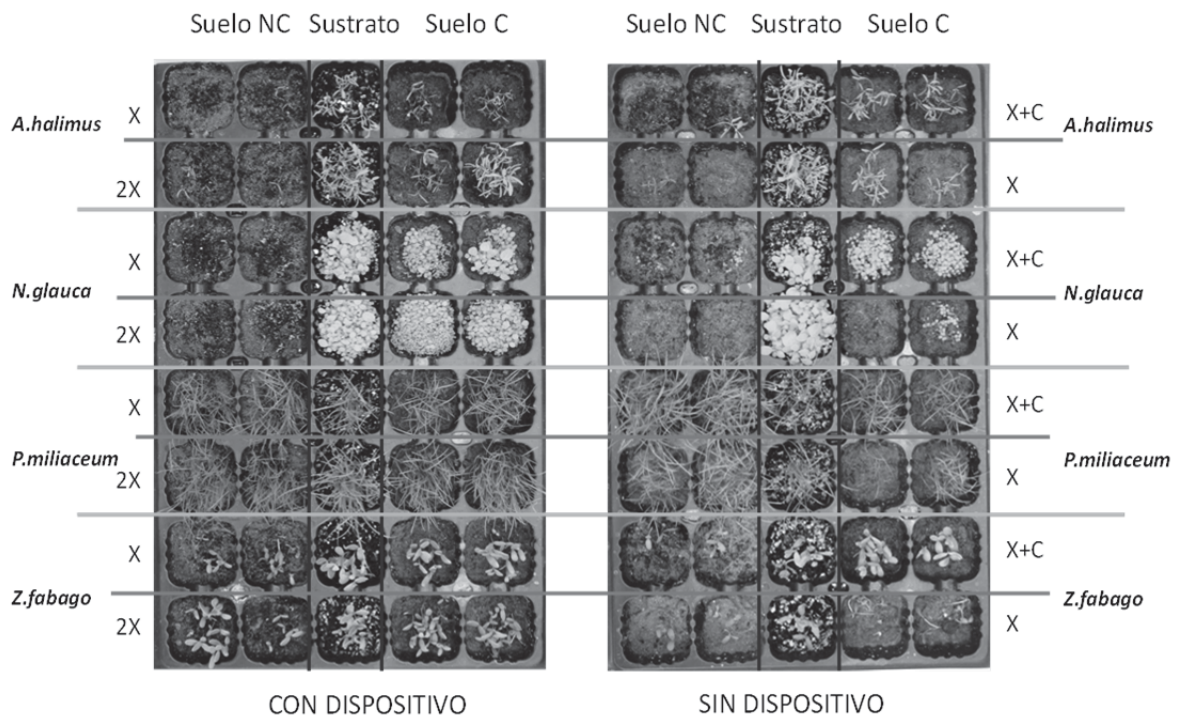


FIG. 8

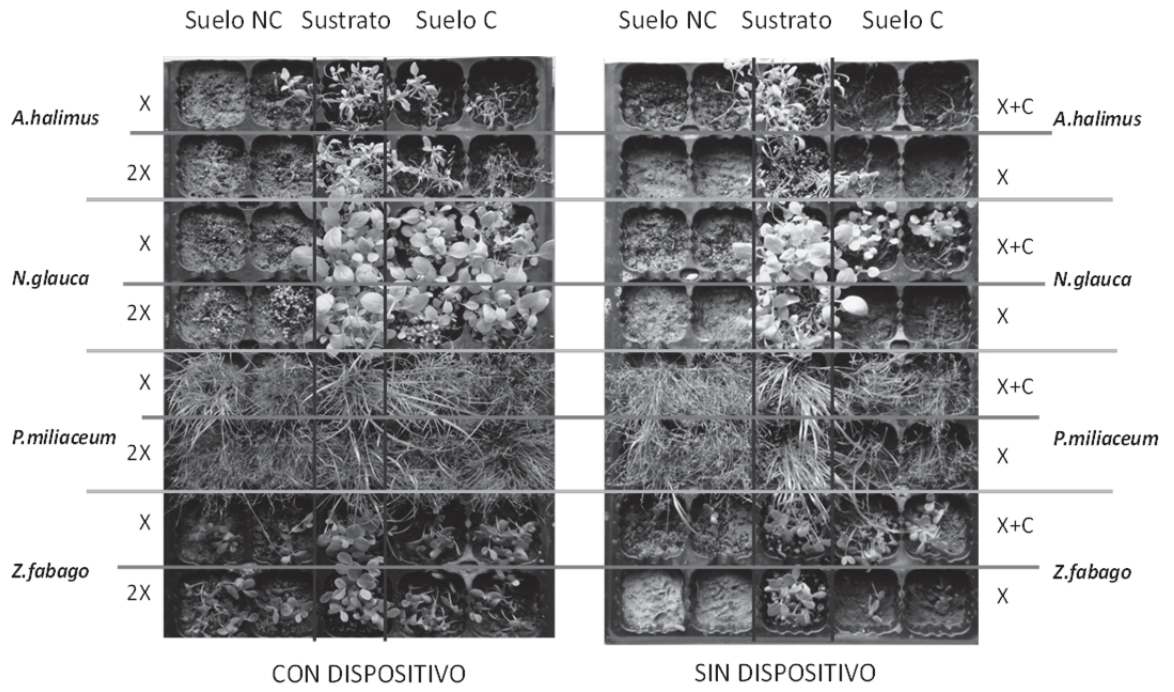


FIG. 9



FIG. 10

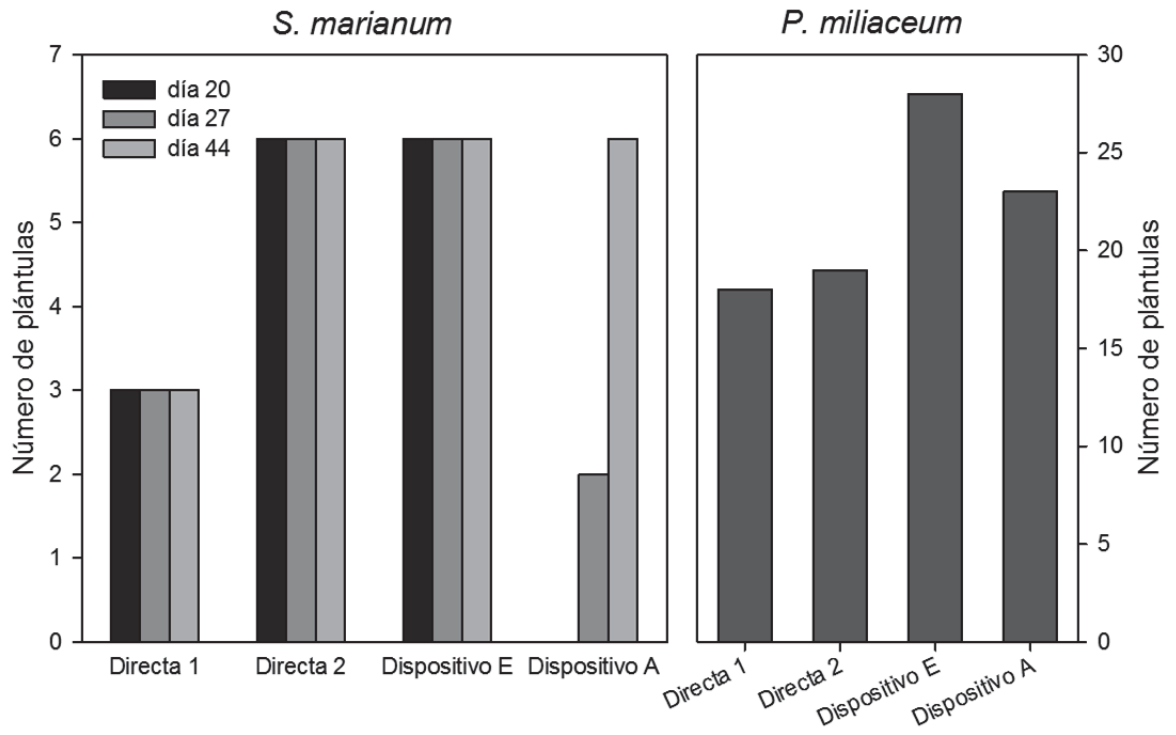


FIG. 11

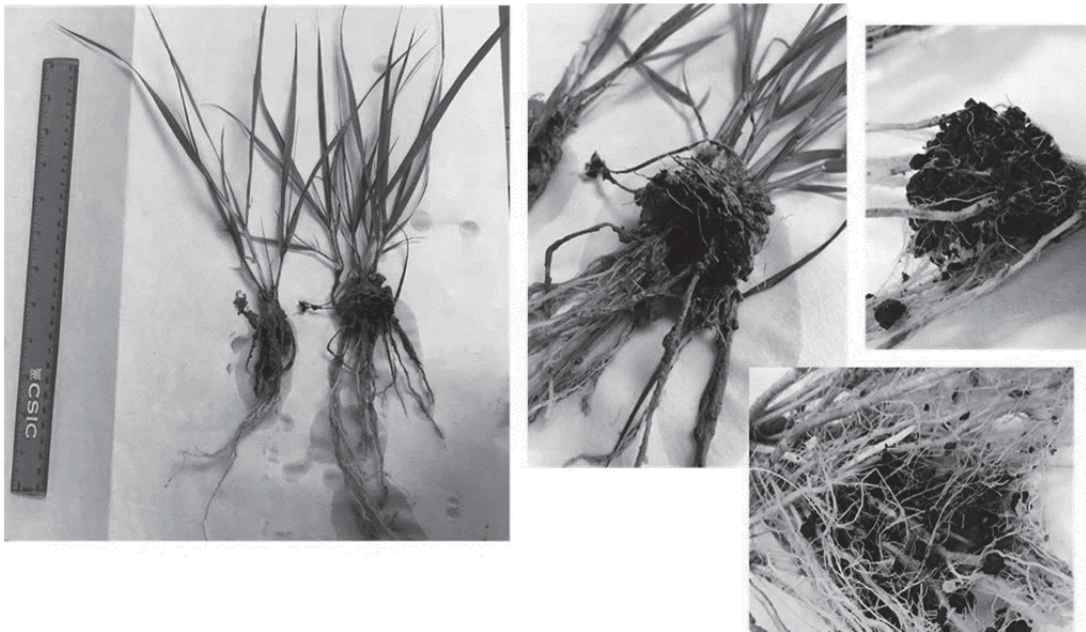


FIG. 12