

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 249**

51 Int. Cl.:

C05F 7/00	(2006.01)	A01G 24/15	(2008.01)	B09B 101/60	(2012.01)
C05F 9/04	(2006.01)	A01G 24/20	(2008.01)		
C02F 11/12	(2009.01)	A01G 24/42	(2008.01)		
C02F 11/121	(2009.01)	C02F 9/00	(2013.01)		
C04B 18/04	(2006.01)	B09B 1/00	(2006.01)		
C04B 18/16	(2013.01)	C05D 3/02	(2006.01)		
A01G 24/00	(2008.01)	E21C 41/32	(2006.01)		
C04B 33/132	(2006.01)	C04B 111/00	(2006.01)		
C04B 18/18	(2006.01)	B09B 3/25	(2012.01)		
C04B 18/20	(2006.01)	B09B 101/50	(2012.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2019** **PCT/EP2019/081207**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2020** **WO20099501**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2019** **E 19801037 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2024** **EP 3880377**

54 Título: **Mezcla para su uso como suelo artificial que comprende lodos de mecanizado de piedra y/o cerámica, método de preparación y usos de la misma**

30 Prioridad:

14.11.2018 EP 18382801

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2024

73 Titular/es:

COSENTINO RESEARCH & DEVELOPMENT, S.L.
(100.0%)
Carretera A-334, Baza-Huércal-Overa, km 59
04850 Cantoria, Almería, ES

72 Inventor/es:

ARZADUN LARRUCEA, AMAIA;
LUNA RAMOS, LOURDES;
SOLÉ BENET, ALBERTO y
LÁZARO SUAU, ROBERTO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 982 249 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Mezcla para su uso como suelo artificial que comprende lodos de mecanizado de piedra y/o cerámica, método de preparación y usos de la misma

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere generalmente al campo de suelos artificiales, al método para obtener dichos suelos artificiales y a su uso en la rehabilitación de zonas degradadas tales como vertederos, parques naturales o artificiales, minas, pozos y campos agrícolas, con particular interés como sustratos para el crecimiento de plantas. La invención también se refiere al uso de desechos procedentes de la fabricación industrial de artículos de piedra artificial aglomerada y cerámica, y particularmente a los desechos en forma de lodos o escorias de mecanizado.

Antecedentes

En la sociedad actual, el paisaje y el suelo se alteran continuamente por la agricultura, la industria, las infraestructuras y las actividades de minería.

- 15 En zonas áridas y semiáridas, los procesos de degradación pueden conducir a condiciones irreversibles tales como desertificación, si no se toman acciones para recuperar la funcionalidad del ecosistema. Los costes de rehabilitación ecológica pueden ser considerables, pero el coste de falta de acciones puede ser mucho mayor en cuanto a daño al ecosistema y pérdida de calidad y bienestar de la población. Muchos autores han sugerido que la primera etapa para acelerar la rehabilitación ecológica de estas zonas es la creación de un suelo fértil con las características físicas, químicas y biológicas necesarias para soportar el establecimiento de la vegetación (Heneghan *et al.*, Restor. Ecol., 2008, 16: 608-617).

- 20 Por otro lado, la creciente generación de desechos de la sociedad actual supone un problema que demanda una solución inmediata. La incorporación de desecho a los sustratos en rehabilitación se ha considerado como una solución para reciclar los materiales de desecho y, al mismo tiempo, mejorar las condiciones edáficas que facilitan el desarrollo de la vegetación. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, dependiendo del desecho, su incorporación en sustratos también puede introducir una serie de contaminantes y restricciones puesto que los metales pesados, los contaminantes orgánicos o los aumentos de la salinidad del suelo pueden resultar fatales para la aplicación buscada. Por tanto, la viabilidad de estos materiales como sustratos para restablecer zonas degradadas está sujeta a limitaciones importantes.

- 25 Los materiales inorgánicos de origen mineral proporcionan estructura de andamiaje a los suelos y son responsables de algunas de sus propiedades. Por ejemplo, la distribución de tamaño de los granos desempeña un papel importante en la densidad y la permeabilidad del suelo.

- 30 Los suelos (o sustratos) dominados o fuertemente influenciados por materiales producidos por los seres humanos son considerados por los especialistas en clasificación del suelo como un nuevo grupo denominado tecnosoles, que comprenden un grupo de suelos de referencia creado en 2006 (IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports no. 106. FAO, Roma).

- 35 Los tecnosoles combinan suelos cuyas propiedades y pedogénesis están dominadas por su origen técnico. Contienen una cantidad significativa de artefactos (algo en el suelo que se reconoce que está producido o fuertemente alterado por los seres humanos o extraído a partir de mayores profundidades) o están sellados por material duro técnico (material duro creado por los seres humanos, que tiene propiedades a diferencia de la roca natural) o contienen una geomembrana. Incluyen suelos a partir de desechos (vertederos, lodo, carbonillas, escombros de mina y cenizas), pavimentos con sus materiales no consolidados subyacentes, suelos con geomembranas y suelos construidos. Por tanto, los tecnosoles comprenden todo tipo de materiales producidos o expuestos por la actividad humana que de otro modo no se producirían en la superficie terrestre y a menudo se denominan suelos urbanos o mineros. Los tecnosoles se encuentran por todo el mundo donde la actividad humana ha conducido a la construcción de suelo artificial, al sellado de suelo natural o a la extracción de material
- 40
- 45 normalmente no afectado por los procesos superficiales. Por tanto, en los tecnosoles se incluyen ciudades, carreteras, minas, vertederos de residuos, derrames de petróleo, depósitos de cenizas volantes del carbón, y similares.

- 50 Durante la producción de cerámicas y piedras naturales o artificiales, particularmente en el caso de tableros o losas, se realizan procedimientos de mecanizado para cortar, calibrar y pulir o cepillar la pieza que está produciéndose en las dimensiones requeridas y para obtener el aspecto de acabado deseado de su superficie. Estos procedimientos de mecanizado se llevan a cabo habitualmente en condiciones húmedas, con la introducción de cantidades significativas de agua, para enfriar y lubricar las herramientas de mecanizado y para evitar la formación de polvo en el medioambiente. El agua de mecanizado se recoge y reintroduce en el sistema, después de separar (por ejemplo, mediante decantación) el material sólido en suspensión procedente del mecanizado de los materiales de piedra o cerámica. El material sólido separado se conoce como lodo, debido a su aspecto de polvo húmedo fino, provocado por su pequeño tamaño de partícula y su alto contenido de agua.
- 55

La composición de lodo decantado está dominada por minerales en forma de partícula, acompañada, dependiendo del material de piedra o cerámica que esté mecanizándose, por menores cantidades de resina (usada como aglutinante o recubrimiento) y partículas abrasivas, tales como diamante (procedente de las herramientas de mecanizado empleadas). Los componentes habituales adicionales, aunque en menor medida, incluyen aditivos tales como colorantes. En algunos casos, el lodo también contiene una pequeña porción de los restos fibrosos del papel usado como lámina protectora durante la compactación y el curado de las piedras artificiales aglomeradas.

En la mayoría de los casos, estos lodos se descartan en vertederos, lo que supone un problema ambiental. Se ha estimado aproximadamente que en Europa se producen anualmente unas 345.000 toneladas de lodo, considerando únicamente las procedentes de la industria de piedras artificiales aglomeradas.

La solicitud WO 2007/104368 A1 da a conocer un método para tratar el lodo producido en procedimientos de corte y pulido de piedra que consiste en someter el lodo a un tratamiento de secado a alta temperatura.

La solicitud WO 2009/033943 A1 da a conocer un procedimiento de calcinación para tratar lodos resultantes del mecanizado de materiales de piedra aglomerada que tiene como objetivo reutilizar el desecho sólido comprendido en los lodos como carga en la fabricación de materiales Bretonstone®.

La solicitud PCT internacional WO 2010/103445 A1 da a conocer un método para tratar y usar lodos procedentes del mecanizado de losas o bloques de material de piedra, cerámica o piedra aglomerada, que comprende las etapas de secar y calentar a 400-600 °C, de modo que se incineren las sustancias orgánicas.

Estos métodos para tratar lodos resultantes del mecanizado de materiales de piedra aglomerada requieren una etapa de calcinación que consume energía, lo que los hace indeseables desde el punto de vista medioambiental.

La solicitud de patente KR 20140142601 A resuelve el problema del tratamiento de lodos procedentes del mecanizado de losas o bloques de materiales de piedra mediante la adición de los lodos a materiales de desecho cementosos, produciendo de ese modo un material de desecho más respetuoso con el medioambiente, que sin embargo se descarta en vertederos de todos modos.

A partir del documento KR 100860017 B se conoce otra composición de agregados de suelo para materiales de construcción e ingeniería civil que usa lodo de procedimiento.

A pesar de las soluciones dadas a conocer en las citas anteriores, sigue existiendo la necesidad en la técnica de proporcionar usos para materiales que comprenden desecho de lodo resultante del mecanizado de materiales de piedra que sean comercialmente viables y más respetuosos con el medioambiente.

Sumario de la invención

Los inventores han hallado sorprendentemente que los desechos de lodo derivados del mecanizado de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica pueden transformarse en mezclas que pueden usarse como suelo artificial fértil, sin lixiviados tóxicos ni erosión por escorrentía superficial del agua de lluvia. Por tanto, la presente invención proporciona un método de uso de desechos de lodo resultantes del mecanizado de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica con el fin de proporcionar mezclas que pueden encontrar aplicación como tecnosoles fértiles para el restablecimiento de suelos dañados por actividades relacionadas con los seres humanos, especialmente en zonas áridas y semiáridas, así como cargas sólidas en canteras, minas o vertederos municipales.

Por consiguiente, en un primer aspecto, la invención se refiere a una mezcla adecuada como suelo artificial, que comprende:

a) el 30-90 % p/p de lodo resultante del procesamiento de piedra artificial aglomerada;

b) el 5-45 % p/p de grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm;

c) el 2-45 % p/p de materia orgánica; y

d) el 0,5-10 % p/p de un intercambiador catiónico,

en la que p/p se refiere al peso seco de cada componente con respecto a la suma de peso seco total de a), b), c) y d).

En un segundo aspecto, la invención se refiere a un método para preparar la mezcla de la invención para su uso como suelo artificial, que comprende mezclar los componentes (a), (b), (c), (d) y opcionalmente agua.

En un tercer aspecto, la invención se refiere al uso de la mezcla de la invención como suelo fértil artificial, por ejemplo, en la rehabilitación de suelos naturales degradados, zonas desérticas o subdesérticas, vertederos, parques naturales o artificiales, minas, pozos, campos agrícolas y como sustrato para el crecimiento de plantas.

También se dan a conocer el uso de lodo resultante del procesamiento de material de piedra o cerámica en la

preparación de una mezcla adecuada como suelo fértil artificial y un método para reciclar el desecho de lodo procedente del mecanizado de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica, que comprende convertirlo en un suelo artificial.

Descripción de los dibujos

- 5 Estas y otras características y ventajas de la invención se entenderán claramente a la vista de la descripción detallada de la invención que resulta evidente a partir de una realización preferida de la invención, proporcionada únicamente como ejemplo y sin limitarse a la misma, con referencia a los dibujos.

Figura 1: Inspección visual de agregado tras someter las muestras a inmersión en agua (prueba de dispersión en agua de Emerson).

- 10 Figura 2: Prueba de estabilidad en agua de las muestras 1-12 (prueba de dispersión en agua de Emerson).

Figura 3: Índice de plasticidad (IP) de las muestras 1-12.

Figura 4: Permeabilidad de las muestras 1-12.

Figura 5: Distribución de tamaño de partícula de las muestras 25-36.

Figura 6: Permeabilidad de las muestras 25-36, antes de la irrigación (a) y después de la irrigación (b).

- 15 Figura 7: Agua de escorrentía superficial a partir de las muestras 25, 29 y 33 después de lluvia simulada en función del tiempo.

Figura 8: Coeficiente de escorrentía superficial y erosión determinados a partir de lluvia simulada en las muestras 25, 29 y 33.

Figura 9: Número de semillas germinadas en las muestras 25-36.

- 20 **Descripción detallada de la invención**

Definiciones

A menos que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en el presente documento tienen el mismo significado que entiende habitualmente un experto habitual en la técnica a la que pertenece esta divulgación.

- 25 Las mezclas de la presente invención pueden considerarse como suelo artificial o tecnosol, que son sustratos dominados o fuertemente influenciados por materiales producidos por los seres humanos y, en el contexto de la presente invención, se componen principalmente de materiales de desecho de piedra artificial aglomerada o cerámica.

- 30 Las piedras naturales son un grupo de diferentes tipos de rocas de origen natural extraídas a partir de canteras, que se procesan y comercializan para aplicaciones de construcción y decoración. Las piedras naturales incluyen normalmente granito, mármol, pizarra, travertina, arenisca, caliza, cuarcita, entre muchos otros.

- 35 El material "piedra artificial" es sinónimo de "piedra diseñada por ingeniería" e incluye piedras artificiales aglomeradas, tales como las ejemplificadas por los productos vendidos con el nombre comercial Silestone® de la empresa española Cosentino S.A.U. Las piedras aglomeradas que se encuentran dentro del alcance de la presente invención son generalmente las definidas en la norma UNE-EN 14618:2011.

- 40 Las piedras artificiales aglomeradas se basan en partículas de piedra o similares a la piedra de diversos tamaños, tales como cuarzo, mezcladas con un aglutinante endurecido (orgánico o inorgánico). Estos materiales se conocen bien y se usan extensamente como superficies de construcción y decoración para encimeras, suelos y revestimientos de paredes de cocinas y baños, entre otros. En detalle, los materiales se componen normalmente de cargas minerales inorgánicas (85-95 % p/p), incluyendo, pero sin limitarse a, arenas de sílice, cuarzo (como tal o como cristobalita), feldespato, cerámica, vidrio y otros, resina de poliéster curada (5-15 % p/p), pigmentos y aditivos (<5 % p/p). Para lograr los altos grados de dureza requeridos, el contenido de sílice cristalina es normalmente de desde el 70 % hasta el 90 % p/p.

- 45 Los materiales cerámicos, dentro del alcance de la presente invención, siguen la comprensión general de este tipo de materiales usados con fines de construcción y decoración, resultantes del prensado y la cocción de arcilla con otros componentes tales como feldespatos, arenas, caolín, talco y otros. Ejemplos particulares de materiales cerámicos según la invención son las cerámicas duras de baja porosidad usadas como baldosas o losas de construcción o decoración, tales como cerámicas de porcelana y gres.

- 50 Dekton® es el nombre comercial registrado de Cosentino S.A.U. para un tipo de material cerámico resultante de la sinterización, a temperaturas de hasta 1300 °C, de aluminosilicatos (arcillas, feldespatos, caolín), sílice (cristalina y

amorfa) y opcionalmente zircona, junto con pigmentos inorgánicos. El material Dekton® encuentra aplicaciones de construcción similares a las de Silestone®, junto con aplicaciones adicionales gracias a su resistencia al calor y a la intemperie (por ejemplo, revestimiento de fachadas, suelos de exterior). Después de la sinterización, se forma una fase mineral vítrea predominante, donde están incorporados cuarzo cristalino y otras fases minerales cristalinas. El contenido de sílice cristalina (SiO₂) en Dekton® es menor del 11 % p/p. En la solicitud de patente EP2889437A1 se describen materiales de este tipo.

El término "calcinación" se refiere a un procedimiento de calentamiento de modo que la materia orgánica se descompone en moléculas volátiles más pequeñas. De este modo, una etapa de calcinación debe interpretarse como una etapa de calentamiento de un material hasta una temperatura de al menos 400 °C. Los términos "porcelana" o "cerámicas de porcelana" significan generalmente un material cerámico que incluye arcilla y caolín realizado mediante calentamiento hasta temperaturas de entre 1200 °C y 1400 °C.

A través de esta descripción y sus reivindicaciones, siempre que se use el término lodo, se refiere al residuo sólido restante del secado o la concentración de la suspensión en agua de polvo (partículas) que se produce durante el mecanizado en húmedo de las piedras o cerámicas. Este residuo seco todavía podría contener cierto nivel de humedad (generalmente de hasta el 20 % p/p), pero podría no tener la consistencia lodosa de la dispersión inicial y estará formado por agregados de partículas de tamaño diferente junto con pequeñas partículas no unidas.

El término "p/p" o "% en peso", a menos que se indique lo contrario, se refiere a la razón en peso entre un componente y el peso total de la mezcla que compone.

La "materia orgánica" definida como componente esencial de la mezcla de la invención no está limitada, compostada o no, y puede ser realizada, por ejemplo, por la materia orgánica encontrada normalmente en desecho de residuos de plantas de explotaciones agrícolas (cultivo intensivo, agricultura en invernadero, etc.).

El término "tamaño de partícula promedio" se refiere al valor de D50 de la distribución de tamaño de partícula a la que el 50 % en volumen de las partículas tienen un diámetro (o dimensión más grande) menor que dicho valor y el 50 % en volumen de las partículas tienen un diámetro (o dimensión más grande) mayor que dicho valor.

El término "suelo fértil" se refiere generalmente a suelo adecuado para el crecimiento de plantas.

Preferiblemente, la mezcla y el suelo artificial de la invención no comprenden ningún agente de solidificación (o aglutinante) de naturaleza inorgánica, tal como cemento y cal. En una realización, no comprenden el 5 % en peso o más de un agente de solidificación inorgánico, tal como cemento y cal. En una realización adicional, el contenido de un agente de solidificación inorgánico, tal como cemento y cal, es menor del 4 % en peso, preferiblemente menor del 3 % en peso o menor del 2 % en peso.

Mezclas adecuadas como suelo artificial

Los inventores han hallado sorprendentemente que una cantidad muy alta de este lodo, preferiblemente más del 40 % p/p y hasta el 85 % p/p del peso total (basándose en el peso seco), puede incorporarse en la mezcla que puede usarse como suelo artificial fértil. Por tanto, la presente invención proporciona un método muy útil y necesario desde hace tiempo para reciclar este material de desecho, dando lugar a un procedimiento económico y sencillo para la preparación de suelo artificial.

Por consiguiente, en un primer aspecto, la invención se refiere a una mezcla adecuada como suelo artificial según la reivindicación 1.

La mezcla adecuada como suelo artificial comprende al menos el 30 % p/p de lodo y como máximo el 90 % p/p de la suma de peso total de a), b), c) y d) (basándose en el peso seco, es decir, excluyendo cualquier agua que puedan contener). En determinadas realizaciones, la mezcla puede comprender el 30-90 % p/p de lodo o el 40-85 % p/p de lodo basándose en el peso seco.

La grava puede estar comprendida en la mezcla en una cantidad de desde el 5-45 % p/p de la suma de peso total de a), b), c) y d) (basándose en el peso seco, es decir, excluyendo cualquier agua que puedan contener), preferiblemente desde el 5-30 % p/p.

La materia orgánica está comprendida en la mezcla en una cantidad de al menos el 2 % p/p de la suma de peso total de a), b), c) y d) (basándose en el peso seco, es decir, excluyendo cualquier agua que puedan contener) y como máximo el 45 % p/p. Adecuadamente, la materia orgánica podría estar contenida en la mezcla en un intervalo del 5-30 % p/p de la suma de peso total de a), b), c) y d) (excluyendo cualquier agua que puedan contener).

La mezcla también comprende un intercambiador catiónico.

El intercambiador catiónico constituye desde el 0,5 hasta el 10 % p/p, preferiblemente desde el 1 hasta el 10 % p/p y más preferiblemente desde el 2 hasta el 8 % p/p de la suma de peso total de a), b), c) y d) (excluyendo cualquier agua que puedan contener).

Según la reivindicación 1, la mezcla adecuada como suelo artificial comprende:

- a) el 30-90 % p/p de lodo resultante del procesamiento de material de piedra artificial aglomerada o cerámica;
- b) el 5-45 % p/p de grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm;
- c) el 2-45 % p/p de materia orgánica; y

5 d) el 0,5-10 % p/p de un intercambiador catiónico

en la que el porcentaje p/p se refiere al peso seco (es decir, excluyendo el contenido de agua) de cada componente con respecto a la suma de peso seco total (es decir, excluyendo agua) de a), b), c) y d), de modo que la suma de los pesos secos de cada uno de estos componentes es igual al 100 %.

En una realización preferida, la mezcla adecuada como suelo artificial comprende:

- 10 a) el 40-85 % p/p de lodo resultante del procesamiento de material de piedra artificial aglomerada o cerámica;
- b) el 5-30 % p/p de grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm;
- c) el 5-30 % p/p de materia orgánica; y
- d) el 2-8 % p/p de un intercambiador catiónico,

15 en la que el porcentaje p/p se refiere al peso seco (es decir, excluyendo el contenido de agua) de cada componente con respecto a la suma de peso seco total (es decir, excluyendo agua) de a), b), c) y d), de modo que la suma de los pesos secos de cada uno de estos componentes es igual al 100 %.

En una realización, la mezcla de la invención comprende al menos el 50 % en peso de a)+b)+c)+d) (si están presentes) medido como peso seco con respecto al peso total de la mezcla. Preferiblemente, al menos el 60 % en peso. Más preferiblemente, al menos el 70 % en peso. En una realización preferida, la mezcla de la invención comprende el 50-90 % del peso de la suma de a), b), c) y d) (si están presentes) medido como peso seco con respecto al peso total de la mezcla. Preferiblemente, el 50-80 % en peso. Más preferiblemente, el 60-80 % en peso.

20 Los pesos secos o la humedad de los componentes en la mezcla se calculan en diferencia de peso, antes y después de secar una muestra representativa del componente en un horno de convección a 105 °C durante 24 h.

En una realización, la mezcla de la invención comprende al menos el 10 % en peso de agua con respecto al peso total de la mezcla. Preferiblemente, al menos el 20 % en peso. Más preferiblemente, al menos el 30 % en peso. En una realización preferida, la mezcla de la invención comprende el 10-50 % en peso de agua con respecto al peso total de la mezcla. Preferiblemente, el 10-40 % en peso. Más preferiblemente, el 20-30 % en peso. Es necesario entender que el contenido de agua de la mezcla cuando se prepara puede cambiar durante su uso como suelo artificial, como consecuencia de la evaporación y/o la absorción de agua por el suelo.

30 El agua en la mezcla de la invención podría incluir tanto agua añadida como agua procedente de las materias primas. En una realización particular, la mezcla de la invención comprende además desde el 10 hasta el 30 % en peso de agua añadida con respecto a la suma del peso seco de la suma de a), b), c) y d), para favorecer la formación de agregados durante el mezclado de los componentes. Más preferiblemente, entre el 15 y el 25 % en peso de agua añadida.

35 En determinadas realizaciones, la mezcla consiste en los componentes a), b), c) y d), y agua. Es decir, en estas realizaciones, la mezcla está esencialmente libre de otros componentes diferentes de a), b), c), d) y agua.

En una realización particular, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención puede incluir componentes adicionales, tales como materiales de escombros, granulados de cemento, fragmentos de madera, papel, partículas poliméricas, fragmentos de ladrillos, agentes colorantes, lana o fibras minerales, microorganismos, pesticidas, agua u otros componentes típicos presentes en sustratos de plantas habitualmente usados.

40 En una realización, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención tiene un pH de como máximo 11,0 o entre 7,0 y 10, preferiblemente entre 8,0 y 10,0. Este pH podría resultar directamente de la mezcla de componentes o podría ajustarse usando reguladores de pH conocidos que sean compatibles con los componentes y con la aplicación prevista. El pH al que se hace referencia en este párrafo se refiere al pH medido cuando se pone 1 parte de la mezcla en 2,5 partes de agua. Durante el uso de la mezcla, el pH podría variar, por ejemplo, podría aproximarse a pH neutro, como consecuencia de la dilución y la extracción de sales por el agua percolada.

45 En una realización, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención tiene un contenido de carbono orgánico de entre el 2 y el 20 % p/p, preferiblemente entre el 3 y el 10 % p/p, con respecto al peso seco total de la mezcla.

En una realización particular, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención se encuentra en la tipología de suelo limo-franco. En realizaciones preferidas, la mezcla tiene una clase de textura con un componente de limo

50

de $\geq 40\%$, preferiblemente $\geq 50\%$, con respecto al peso seco de la mezcla, siendo el resto los otros dos componentes de clase de textura, arena y arcilla. Más preferiblemente, el componente de limo oscila entre el 40-75 %, el componente de arena entre el 15-35 % y el componente de arcilla entre el 5-25 %, en todos los casos con respecto al peso seco de la mezcla, en el que la suma de los tres componentes, limo, arena y arcilla, es del 100 %.

- 5 A este respecto, en el presente documento, arcilla se refiere a un tamaño de partícula de menos de 0,002 mm, limo se refiere a un tamaño de partícula de entre 0,002 y 0,05 mm y arena se refiere a un tamaño de partícula de entre 0,05 y 2 mm, tal como se mide mediante el método de la pipeta de Robinson.

- 10 En realizaciones adicionales, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención tiene una conductividad eléctrica de como máximo 5 dS/m, preferiblemente de como máximo 3 dS/m. Esta conductividad eléctrica se mide a partir del eluyente extraído después de poner en contacto homogéneamente 1 parte de mezcla con 5 partes de agua. Durante el uso de la mezcla, la conductividad eléctrica podría variar como consecuencia de la dilución y la extracción de sales por el agua percolada. Este intervalo de conductividad eléctrica es necesario para evitar la generación de condiciones tóxicas para las plantas y para favorecer la fertilidad del suelo artificial.

- 15 La mezcla adecuada como suelo artificial de la invención puede tener una densidad aparente en estado seco de 0,50-1,20 g/cm³, preferiblemente desde 0,60-1,00 g/cm³ o desde 0,65-0,90 g/cm³. Esta densidad aparente se mide en la mezcla cuando se prepara, y podría variar más adelante, durante el uso, debido a la autocompactación natural del suelo.

Lodo procedente del procesamiento de piedra o cerámica

- 20 La mezcla de la invención, adecuada como suelo artificial, comprende materiales producidos como desecho de lodo procedente del procesamiento o mecanizado en húmedo (es decir, con aporte de agua) de piedra artificial aglomerada o cerámica, procesamiento tal como corte, calibración, molienda, pulido, cepillado, etc.

- 25 En una realización, el material de piedra o cerámica en el lodo a) se selecciona del grupo que consiste en piedra artificial aglomerada, materiales cerámicos, porcelana, gres y combinaciones de los mismos. Preferiblemente, se selecciona del grupo que consiste en piedra artificial aglomerada, materiales cerámicos y mezclas de los mismos. Más preferiblemente, se selecciona del grupo que consiste en piedra artificial aglomerada, materiales cerámicos de porcelana y mezclas los mismos.

Un ejemplo no limitativo de desecho de lodo sería el resultante del mecanizado en húmedo de piedra artificial aglomerada, en particular de materiales aglomerados de cuarzo, tales como Silestone®.

- 30 En otra realización, el desecho de lodo puede ser el resultante del mecanizado en húmedo de materiales cerámicos (a base de arcilla) duros de baja porosidad, en particular materiales de gres y/o cerámica de porcelana. El desecho de lodo también puede ser el resultante del mecanizado en húmedo de materiales Dekton®. En determinadas realizaciones, la mezcla de la invención comprende lodos procedentes del mecanizado en húmedo de varios materiales diferentes, y preferiblemente incluye lodos procedentes del mecanizado de piedra artificial aglomerada y lodos procedentes del mecanizado en húmedo de materiales cerámicos.

- 35 El desecho de lodo resultante del mecanizado en húmedo de piedra artificial aglomerada puede comprender predominantemente partículas de polvo de piedra, o similares a la piedra, tales como cuarzo (u otras formas de sílice cristalina tal como cristobalita), cerámica, vidrio, mármol o feldespato, y en menor proporción resinas poliméricas tales como resinas orgánicas endurecidas, partículas abrasivas procedentes de las herramientas de mecanizado, agentes colorantes y, en algunos casos, también fibras o fragmentos de papel.

- 40 El término resina endurecida o resina curada se conoce bien en la técnica. Se refiere generalmente a la resina endurecible o curable (tal como poliéster, resinas, resina epoxídica o vinílica) después de haberse endurecido en una reacción de curado (o reticulación) durante el procedimiento de fabricación de la piedra artificial aglomerada.

- 45 Por tanto, en realizaciones preferidas, el lodo comprende resina orgánica endurecida (o curada), preferiblemente en una concentración del 1-15 % en peso con respecto al peso total del lodo. En una realización adicional, el lodo comprende el 2-15 % en peso de resina orgánica endurecida (o curada).

- 50 En una realización, el desecho de lodo procedente del procesamiento o mecanizado de piedra artificial aglomerada comprende el 60-90 % en peso de partículas de polvo de piedra, o similares a la piedra, tales como cuarzo, cristobalita, cerámica, vidrio, mármol o feldespato; el 1-15 % en peso de resinas poliméricas tales como resinas orgánicas endurecidas; y opcionalmente partículas abrasivas procedentes de las herramientas de mecanizado, agentes colorantes y/o fibras o fragmentos de papel preferiblemente en una cantidad de menos del 10 % en peso.

Las resinas orgánicas típicas incluyen resinas poliméricas tales como resinas de poliéster, resinas acrílicas, resinas epoxídicas y resinas vinílicas. En una realización preferida, la resina orgánica es una resina de poliéster; más preferiblemente una resina de poliéster insaturado (curada).

Por otro lado, el desecho de lodo procedente del mecanizado en húmedo de productos cerámicos será

principalmente de naturaleza inorgánica, comprendiendo principalmente aluminosilicatos sinterizados (85-99 % en peso) y pequeñas cantidades de pigmentos inorgánicos (1,0-10,0 % en peso), opcionalmente junto con las partículas abrasivas procedentes de las herramientas de mecanizado (preferiblemente el 0,1-5 % en peso).

5 Preferiblemente, el lodo comprende el 60-90 % en peso de partículas de piedra o cerámica con respecto al peso total del lodo.

10 El lodo se separa de la suspensión en agua de procedimiento de partículas obtenidas durante el mecanizado de los artículos de piedra o cerámica mediante decantación o filtración. Después de esta primera etapa de separación, el contenido de agua del lodo se reduce a menos del 40 % p/p, más preferiblemente a menos del 30 % p/p, antes de añadirse a la mezcla de la invención. Esto podría lograrse mediante secado en un horno calentado (continuo o discontinuo) o permitiendo la evaporación del agua mediante secado al aire, por ejemplo, en el exterior. En una realización más preferida, el lodo según la invención no se seca en una etapa de calcinación, preferiblemente no se seca en una etapa de calentamiento artificial o en una etapa de calentamiento artificial a una temperatura > 400 °C, o incluso a una temperatura > 300 °C.

15 En una realización particular, el lodo comprende el 10-30 % en peso de agua con respecto al peso total del lodo; preferiblemente el 15-30 %; más preferiblemente el 15-25 %.

En una realización particular, el lodo comprende:

- agua,
- partículas de piedra y/o cerámica, y
- opcionalmente resina orgánica curada si el lodo procede al menos en parte de piedra artificial aglomerada.

20 En una realización preferida, el lodo comprende:

- el 10-30 % en peso de agua,
- el 60-90 % en peso de partículas de piedra y/o cerámica, y
- opcionalmente el 1-15 % en peso de resina orgánica curada si el lodo procede al menos en parte de piedra artificial aglomerada.

25 Adicionalmente, el lodo puede comprender bajas cantidades (preferiblemente <5 % en peso, más preferiblemente el 0,01-5 % en peso) de aditivos, tales como pigmentos, y/o < 8 % en peso de fibras de papel procedentes de las capas protectoras usadas durante la compactación/curado, y/o bajas cantidades (preferiblemente <3 % en peso) de partículas abrasivas procedentes de las herramientas de mecanizado, tales como diamante.

30 Preferiblemente, los materiales de piedra artificial aglomerada y/o cerámica en el lodo comprenden minerales inorgánicos tales como cuarzo, sílice y aluminosilicatos (por ejemplo, feldespato, arcillas, caolín). Más preferiblemente, los materiales de piedra artificial aglomerada y/o cerámica en el lodo comprenden el 40-80 % en peso de SiO₂.

35 En general, el lodo obtenido después del secado está formado por agregados de partículas de tamaño (de hasta varios cm, preferiblemente entre 0,5 y 5 cm), dureza y consistencia diferentes, junto con algo de polvo fino libre de partículas individuales. Si los agregados son demasiado grandes, pueden triturarse o desmenuzarse para facilitar su mezclado con el resto de los componentes.

El tamaño promedio de las partículas individuales (libres o formando agregados) en el lodo es preferiblemente menor de 1 mm o menor de 0,9 mm y también mayor de 0,001 mm.

40 En una realización de la invención, el lodo resultante del procesamiento de material de piedra artificial aglomerada o cerámica comprende:

- el 10-30 % en peso de agua,
- el 60-90 % en peso de partículas de piedra y/o cerámica,
- el 2-15 % en peso de resina orgánica curada, y
- opcionalmente, <8 % de fibras de papel,

45 - opcionalmente, <5 % en peso de aditivos, tales como pigmentos,

- opcionalmente, <3 % en peso de partículas abrasivas procedentes de las herramientas de mecanizado, tales como diamante,

en el que el tamaño promedio de las partículas de piedra y/o cerámica en el lodo es de 0,001-1 mm.

La composición química inorgánica elemental de los lodos, según realizaciones preferidas de la invención, comprende SiO₂ en una cantidad de al menos el 40 % p/p y preferiblemente también de como máximo el 80 % p/p.

Preferiblemente, el desecho de lodo tiene un intervalo de pH entre 6,0 y 7,0.

- 5 En una realización particular, el lodo, como tal, se encuentra en la tipología de suelo limo-franco. En realizaciones preferidas, el lodo tiene una clase de textura con los siguientes intervalos de componentes (en peso):

- el 5-25 % de arena,
- el 50-90 % de limo, y
- el 5-20 % de arcilla.

- 10 Preferiblemente, el desecho de lodo de la invención tiene una clase de textura con los siguientes intervalos de componentes:

- el 10-20 % de arena,
- el 60-80 % de limo, y
- el 10-20 % de arcilla.

- 15 En una realización particularmente preferida, el desecho de lodo (a) se produce en el pulido de materiales de piedra y/o cerámica tales como Silestone® y/o Dekton®, y comprende una mezcla de cuarzo y aluminosilicatos.

Grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm

- 20 En una realización, el componente (b) de la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención está formado por partículas de grava con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm. Las partículas de grava son preferiblemente partículas de piedra natural, piedra artificial o cerámica.

Preferiblemente, las partículas de grava, por ejemplo, de piedra natural, piedra artificial o cerámica, en el componente (b) tienen un tamaño de partícula promedio de entre 2 y 65 mm. Más preferiblemente, son partículas de grava con un tamaño de partícula promedio de entre 2 y 50 mm.

- 25 Las partículas de grava son adecuadamente de forma irregular o regular. El tamaño de partícula promedio se entiende como el diámetro o la dimensión más grande (en el caso de partículas que no son redondas) de las partículas.

- 30 Las partículas de grava podrían ser de cualquier material que sea suficientemente inerte y estable, lo que significa que es compatible con los demás componentes de la mezcla, no provoque contaminación medioambiental, no se modifique significativamente durante su uso y no se disuelva o disperse en contacto con el agua de lluvia. Las partículas de piedra o partículas de cerámica se encuentran particularmente útiles, puesto que están fácilmente disponibles y cumplen todos estos criterios. Otras alternativas menos preferidas pueden ser grava de partículas poliméricas (plástico, resina) o fragmentos de madera. El experto en la técnica no tendría problema a la hora de hallar otros materiales alternativos para las partículas de grava, sin alejarse del alcance de la invención.

- 35 Resulta particularmente interesante desde el punto de vista medioambiental cuando las partículas de grava están producidas de materiales reciclados o reutilizados. En una realización preferida, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención comprende grava de partículas de piedra natural, piedra artificial aglomerada, cerámica o mezclas de las mismas como componente (b). En este caso, las partículas de grava podrían obtenerse mediante molienda de los restos y residuos procedentes de las rebabas en la fabricación de artículos de piedra y cerámica. De este modo, dos productos de desecho diferentes procedentes de la misma industria pueden valorizarse como suelo
- 40 artificial, por un lado los lodos procedentes de la calibración, el pulido, etc., y por otro lado las escorias y las rebabas procedentes del corte a tamaño.

- 45 En una realización particular, las partículas en el componente b), compuestas por piedra natural, piedra artificial aglomerada y/o cerámica, comprenden minerales inorgánicos tales como cuarzo, sílice y aluminosilicatos (por ejemplo, feldespato, arcillas, caolín) y opcionalmente (preferiblemente el 2-15 % en peso) resina orgánica curada si las partículas proceden de piedra artificial aglomerada.

- 50 En una realización más preferida, la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención comprende (basándose en el peso seco y con respecto al peso seco total de a)+b)+c)+d)) el 40-85 % p/p de lodo de material de piedra artificial aglomerada y/o cerámica, como componente (a), y el 5-45 % p/p de grava de partículas de material de piedra artificial aglomerada y/o cerámica, como componente (b), estando compuesto el resto hasta el 100 % p/p por los componentes (c) y (d), es decir, la materia orgánica y el intercambiador catiónico.

En una realización adicional, la mezcla de la invención comprende (basándose en el peso seco y con respecto al peso seco total de a)+b)+c)+d)) el 40-85 % p/p de lodo de piedra artificial aglomerada y opcionalmente de material cerámico, como componente (a), y el 5-45 % p/p de grava de partículas de material de piedra artificial aglomerada y/o cerámica, como componente (b).

- 5 Se halló que la grava de las partículas en el componente (b) resultaba ventajosa en el uso de la mezcla de la invención como suelo artificial. Proporcionan un soporte de andamiaje inerte, favorecen la permeabilidad al agua y al aire a través de la mezcla, y los inventores descubrieron que también desempeñan un papel importante en la homogeneización de la mezcla de componentes que constituyen el suelo artificial durante la etapa de mezclado. Estas partículas de grava ayudan a lograr un producto terminado con características mejoradas, concretamente durabilidad, permeabilidad, aireación y homogeneidad mejoradas, y pueden obtenerse, por ejemplo, a partir de restos y residuos de rebabas de losas de piedra o cerámica (tales como Silestone® o Dekton®) y/o a partir de materiales de escombros de construcción.

Materia orgánica

- 15 La materia orgánica es necesaria para la fertilidad de la mezcla, cuando se usa como suelo artificial, puesto que aumentan las capacidades de retención de los nutrientes y la humedad del suelo artificial e introduce microorganismos necesarios que desempeñan un papel simbiótico importante con la vegetación que idealmente se desarrolla en el suelo artificial.

- 20 El uso de materia orgánica producida como desecho procedente de actividades agrícolas (por ejemplo, agricultura extensiva en invernadero) permite aumentar el valor de lo que de otro modo se consideraría un simple desecho. Además, siendo actividades de temporada, el desecho agrícola no se produce durante todo el año, sino en un corto periodo de tiempo correspondiente al final de la temporada. Esto crea un problema de gestión de desechos. Por tanto, la presente invención permite una valorización adicional, o una vía de escape, para el desecho orgánico generado en invernaderos u otras actividades agrícolas intensivas.

La materia orgánica puede estar compostada o no compostada.

- 25 Preferiblemente, la materia orgánica es materia orgánica de compost, preferiblemente desecho orgánico de compost. En una realización más preferida, la materia orgánica comprende desecho de plantas o residuos de frutas o verduras, preferiblemente desecho de plantas, frutas o verduras de compost. La materia orgánica de compost puede obtenerse, por ejemplo, a partir de actividades agrícolas en invernadero.

- 30 En una realización preferida, la materia orgánica del suelo artificial no comprende materiales de plástico exógenos al desecho de plantas, u otras sustancias que podrían considerarse tóxicas para el desarrollo de vegetación o que podrían contaminar el terreno donde se usará el suelo artificial (herbicidas, metales pesados, etc.).

En una realización, la materia orgánica se selecciona de residuos de verduras, frutas y plantas compostados y no compostados, incluyendo tallos, hojas, raíces, semillas, cáscaras, pieles y cualquier parte de verdura, fruta o planta.

- 35 La materia orgánica comprende preferiblemente partículas con tamaños menores de 8 mm para facilitar la obtención de una mezcla homogénea con los demás componentes. La humedad de la materia orgánica (compostada o no compostada), es decir, del desecho de plantas, es preferiblemente > 30 % en peso o de entre el 30-50 % en peso.

En determinadas realizaciones, la materia orgánica está formada por un compost con una mezcla de al menos 20 partes de carbono por cada parte de nitrógeno o 25-35 partes de carbono por cada parte de nitrógeno.

- 40 Preferiblemente, para su uso en la aplicación prevista como suelo artificial, la materia orgánica se selecciona con una buena homogeneidad y uniformidad, un aspecto aceptable, así como un olor inofensivo, con una concentración de impurezas y contaminantes que la hacen aceptable para uso agrícola, tal como se conoce en la técnica. En otro aspecto, es necesario que la materia orgánica esté libre, o tenga un nivel bajo aceptable, de microorganismos patógenos, tales como *Salmonella* o *Escherichia coli*.

La materia orgánica puede tener un pH de entre 7,0 y 9,0, preferiblemente de entre 8,0 y 8,5.

- 45 La materia orgánica podría tener un contenido significativo de sales solubles, como consecuencia de los pesticidas y fertilizantes usados en las actividades agrícolas. Esto podría dar como resultado una conductividad eléctrica inicialmente elevada de la mezcla de la invención. Sin embargo, este no es un inconveniente crítico, puesto que el exceso de sales tenderá a lixiviar al agua de lluvia percolada durante el uso como suelo artificial fértil.

- 50 Pueden pensarse otras fuentes de materia orgánica sin alejarse del alcance de la invención. Por tanto, por ejemplo, podría usarse materia orgánica generada en plantas de tratamiento de aguas urbanas.

Intercambiador catiónico

En el contexto de la presente invención, un intercambiador catiónico se considera como cualquier compuesto adecuado para una interacción débil con cationes, donde un catión puede desplazarse fácilmente desde la superficie

de un intercambiador catiónico por otros cationes procedentes de la disolución circundante. Por tanto, un intercambiador catiónico puede retener cationes solvatados en agua, es decir, moléculas o átomos cargados positivamente encontrados en un medio acuoso circundante, mediante la liberación de otros cationes.

5 El intercambiador catiónico tiene una capacidad de intercambio, definida como la cantidad de carga positiva que puede intercambiarse por masa de intercambiador catiónico, que es mayor que la capacidad de intercambio de la materia orgánica.

Los ejemplos del material que tiene capacidad de intercambio catiónico incluyen minerales de intercambio catiónico, humus y resinas de intercambio catiónico.

10 Preferiblemente, el intercambiador catiónico es un mineral de intercambio catiónico. Los ejemplos de minerales de intercambio catiónico incluyen minerales de arcilla y, en particular, minerales de esmectita, tales como montmorillonita, bentonita, beidellita, hectorita, saponita, stevensita, minerales de mica, vermiculita y zeolita, entre otros. Los minerales de arcilla, que tienen iones cargados negativamente accesibles, funcionan bien reteniendo o absorbiendo cationes procedentes del entorno acuoso. Además, la arcilla tiene un efecto positivo adicional en la formación y la estabilidad de los agregados procedentes de la mezcla durante la etapa de mezclado.

15 En una realización particular, el intercambiador catiónico se selecciona de minerales de esmectita. En una realización preferida, el intercambiador catiónico es bentonita.

20 El intercambiador catiónico puede usarse en la mezcla para favorecer que el intercambio de cationes de la mezcla o el suelo artificial con el entorno sea suficiente y que el suelo absorba y retenga suficientemente esos cationes necesarios para la nutrición de la vegetación y que no se arrastren excesivamente hasta las capas más profundas del terreno.

En una realización particular, el intercambiador catiónico según la invención tiene una clase de textura con los siguientes intervalos de componentes (en peso):

- el 20-40 % de arena,

- el 5-20 % de limo, y

25 - el 30-70 % de arcilla.

Preferiblemente, el intercambiador catiónico según la invención tiene una clase de textura con los siguientes intervalos de componentes:

- el 25-40 % de arena,

- el 10-15 % de limo, y

30 - el 40-60 % de arcilla.

Método de producción de la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención y de reciclaje del desecho de lodo

En un segundo aspecto, la invención se refiere a un método de producción de la mezcla adecuada como suelo artificial de la invención, que comprende:

- combinar las siguientes sustancias hasta obtener una mezcla:

35 a) lodo resultante del procesamiento de material de piedra artificial aglomerada o cerámica;

b) grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm, preferiblemente compuestas por material inorgánico tal como piedra (ya sea natural o artificial) o cerámica;

c) materia orgánica;

d) un intercambiador catiónico, y

40 e) opcionalmente agua.

Preferiblemente, el lodo componente (a) es desecho de lodo procedente del mecanizado o procesamiento de material de piedra artificial aglomerada y/o cerámica; más preferiblemente procedente del mecanizado o procesamiento de material de piedra artificial aglomerada.

En una realización particular, el método de la invención comprende:

45 - obtener un lodo mediante mecanizado o procesamiento de material de piedra artificial aglomerada y/o cerámica;

- combinar dicho lodo con las siguientes sustancias hasta obtener una mezcla:

b) grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm, preferiblemente compuestas por material inorgánico tal como piedra (ya sea natural o artificial) o cerámica;

c) materia orgánica;

5 d) un intercambiador catiónico, y

e) opcionalmente agua.

En otro aspecto, la presente descripción da a conocer un método para reciclar desecho de lodo procedente del procesamiento de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica, que comprende convertirlo en un suelo artificial.

10 En una realización, el método para reciclar desecho de lodo procedente del procesamiento de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica para convertirlo en un suelo artificial comprende mezclar:

a) desecho de lodo procedente del procesamiento de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica;

b) grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm, preferiblemente compuestas por material inorgánico tal como piedra (ya sea natural o artificial) o cerámica;

15 c) materia orgánica;

d) opcionalmente un intercambiador catiónico, y

e) opcionalmente agua.

A continuación se definen realizaciones particulares y preferidas para la mezcla adecuada como suelo artificial y para los componentes (a)-(d).

20 En una realización preferida, el agua se añade en una cantidad de desde el 5 hasta el 30 % de la suma del peso seco de cada componente a), b), c) y d); más preferiblemente desde el 10 hasta el 30 %, incluso más preferiblemente desde el 15 hasta el 25 % de agua, para favorecer la formación de agregados durante el mezclado de los componentes.

25 En una realización particular, los componentes pueden combinarse manualmente o en una mezcladora o máquina de mezclado. En una realización preferida, los componentes se combinan hasta obtener una mezcla homogénea.

Los componentes de la mezcla de la invención pueden combinarse en cualquier orden. En una realización, todos los componentes de la composición se combinan y mezclan juntos. En otra realización particular, en primer lugar se combinan y mezclan los componentes de la mezcla adecuada como suelo artificial excepto el agua, luego se añade agua y se mezcla nuevamente la combinación resultante después de la adición de agua.

30 En una realización preferida, antes del mezclado de los componentes, se seca el material de lodo de desecho, obtenido preferiblemente a partir del mecanizado en húmedo de material de piedra o cerámica. Preferiblemente, se seca al aire o se seca a una temperatura de entre 15 °C y 60 °C. En otra realización preferida, se seca hasta que su humedad global es inferior al 40 % en peso, preferiblemente inferior al 30 % en peso. En otra realización, se seca hasta que su humedad es de aproximadamente el 20 %, preferiblemente de entre el 15 y el 25 %, más preferiblemente de entre el 18 y el 22 %.

35 En otro aspecto, la invención se refiere a un suelo artificial que puede obtenerse mediante los métodos de la invención. Preferiblemente, la invención se refiere a un suelo artificial que puede obtenerse mediante los métodos de la invención que tiene las características descritas anteriormente para la mezcla adecuada como suelo artificial del primer aspecto.

40 Uso de la mezcla de la invención como suelo artificial

Los tecnosoles o suelos artificiales pueden incluir componentes procedentes de desechos que se originan en vertederos, lodo, carbonillas, escombros de mina y cenizas. Sin embargo, con frecuencia, estos tecnosoles son tóxicos para el medioambiente y requieren tratamientos costosos antes de su eliminación.

45 Por otro lado, la mezcla de la invención, cuando se usa como suelo artificial, proporciona un uso útil y de segunda vida a los desechos generados en el mecanizado de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica. Además, podría incorporar desecho o residuos procedentes de restos y rebabas a tamaño de los mismos materiales de piedra y cerámica, así como desecho procedente de actividades agrícolas intensivas. Tal como se muestra en los ejemplos de la presente divulgación, el uso de la mezcla como suelo artificial proporciona una solución medioambientalmente atractiva a las cantidades significativas de desechos al tiempo que todavía proporciona un sustrato para el restablecimiento de zonas de terreno degradadas y para el crecimiento de vida, particularmente vida vegetal.

50

De este modo, un tercer aspecto de esta invención se refiere al uso de la mezcla de la invención como suelo artificial fértil en la rehabilitación de vertederos, parques naturales o artificiales, minas, pozos y campos agrícolas.

En una realización particular, la invención se refiere al uso de la mezcla de la invención como suelo artificial, que es fértil, no tóxico y no contaminante, como sustrato para el crecimiento de plantas.

5 Uso del lodo en una mezcla adecuada como suelo fértil artificial

En un aspecto adicional, la invención se refiere al uso de lodo procedente del procesamiento de piedra artificial aglomerada o cerámica, en una mezcla adecuada como suelo fértil artificial, preferiblemente para restablecer zonas naturales degradadas.

10 Preferiblemente, el lodo es desecho de lodo procedente del procesamiento de materiales de piedra artificial aglomerada o cerámica; más preferiblemente desecho de lodo procedente del procesamiento de piedra artificial aglomerada.

El lodo se usa en la mezcla en una cantidad (peso seco) de al menos el 30 % p/p y como máximo el 90 % p/p del peso seco de la mezcla. La mezcla que usa el lodo también comprende grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm, materia orgánica y un intercambiador catiónico.

15 Las realizaciones particulares y preferidas para la mezcla adecuada como suelo artificial, para el lodo, para la grava, para la materia orgánica y para el intercambiador catiónico son tal como se definieron anteriormente.

Ejemplos

20 La presente invención se describirá ahora mediante unos ejemplos que sirven para ilustrar la construcción y prueba de realizaciones ilustrativas. Sin embargo, se entiende que la presente invención no se limita en modo alguno a los ejemplos a continuación.

Materiales

Desecho de lodo procedente del mecanizado en húmedo de losas Silestone® de colores/composiciones diferentes.

Desecho de escombros de construcción como grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm.

25 Desecho de compost de plantas de invernadero como materia orgánica.

Bentonita como intercambiador catiónico.

Agua corriente de calidad urbana.

Métodos

30 La conductividad eléctrica se midió en decisiemens por metro (dS/m) a partir de extractos acuosos 1:5 (v/v) usando un medidor de conductividad Basic 30 (Crison Instruments, SA) según protocolos conocidos normalizados.

Los valores de pH se midieron a partir de mezclas acuosas 1:2,5 (v/v) usando un medidor de pH (Crison Instruments, SA) según protocolos conocidos normalizados.

35 El carbono orgánico total (COT) se determinó según el método de Nelson y Sommers (Nelson, D.W. y Sommers, L.E. (1996) Total carbon, organic carbon, and organic matter. En Sparks, D.L., *et al.*, Eds., Methods of Soil Analysis. Parte 3, SSSA Book Series, Madison, 961-1010).

Los valores de análisis elemental se obtuvieron por medio de la técnica de fluorescencia de rayos X usando un aparato de rayos X Pioneer de Bruker y los datos se analizaron mediante el software Plus EVALUATION (Bruker).

Los valores de humedad se obtuvieron a partir de la diferencia de peso entre una muestra antes y después del secado en un horno a 105 °C durante 24 horas.

40 La distribución de tamaño de partícula (granulometría) se determinó mediante el método de la pipeta de Robinson (Robinson G.W., J. Agric. Sci., 12, 1922), basándose en la ley de Stokes que indica la velocidad de sedimentación de partículas (bajo el efecto de la gravedad) en función de su tamaño. Esto permite determinar la clase de textura del suelo o componente del suelo, basándose en el triángulo arena-limo-arcilla.

45 La distribución de diámetro de los tamaños de partícula mayores de 50 µm se determina mediante tamizado. En función del tamaño de partícula, una parte pasará a través de la malla, una parte quedará retenida. El peso correspondiente a las partículas retenidas se divide entre el peso total y, por tanto, se obtiene una razón en peso para dicho tamaño de partícula. Se aplica el mismo procedimiento con tamices de tamaño de poro decreciente.

Los valores de densidad aparente se determinaron a partir del peso de una muestra secada durante 24 h a 105 °C contenida en un volumen definido.

La estabilidad de los agregados se midió mediante la prueba de dispersión en agua de Emerson modificada (A. Cerdà, Soil & Tillage Research, 2000 57:159-166) para muestras sumergidas a los 5 minutos, a las 2 horas y a las 24 horas. El comportamiento de agregado se clasificó en una escala desde 0 (sin dispersión) hasta 4 (dispersión total) mediante inspección visual (véase la figura 1) y se promedió para al menos 4 repeticiones. Los valores siguen una evaluación visual con los siguientes criterios (véase la figura 1 como referencia):

- Valor 0: Sin dispersión, agregado completo.

- Valor 1: Dispersión de algunas partículas alrededor del agregado.

- Valor 2: Agregado parcialmente disperso o dividido en varios agregados más pequeños.

- Valor 3: Dispersión importante.

- Valor 4: Dispersión total, deja de existir el agregado.

La conductividad hidráulica, la facilidad con la que puede moverse el agua a través de las fracturas o los espacios de poro del suelo, depende de la permeabilidad intrínseca del material y su grado de saturación. Para las muestras 1-24, los valores se calcularon a partir de la diferencia de agua permeada y agua añadida, mediante la adición de 180 ml de agua destilada a una muestra seca de 200 g y, 24 horas después, mediante la adición de 100 ml a la muestra húmeda. Para las muestras 25-36, se llevó a cabo el mismo experimento pero las cantidades fueron diferentes. En este caso, los valores se calcularon a partir de la diferencia de agua permeada y agua añadida, mediante la adición de 340 ml de agua destilada a una muestra seca de 500 g y, 24 horas después, mediante la adición de 150 ml a la muestra húmeda.

Los límites de Atterberg de arcillas y limos sirven para evaluar la cohesión del terreno y su contenido de humedad. Se midieron dos límites de Atterberg, el límite líquido (LL), que es el contenido de agua al que el comportamiento del suelo va del de un semilíquido al de un sólido plástico, y el límite plástico (LP), que es el contenido de agua al que el comportamiento del suelo va del de un semisólido al de un sólido plástico. Atterberg definió el índice de plasticidad (IP) como indicador de cuánta agua pueden absorber las partículas del suelo en la muestra y se calcula a partir de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de la muestra ($IP = LL - LP$).

Ejemplo 1. Caracterización de los componentes individuales

Tabla 1. Análisis químico de cada componente individual.

	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Carbono orgánico total (%)
Desecho de lodo de Silestone®	6,4	0,7	0,6
Escombro	8,1	1,0	-
Compost de material orgánico	8,3	10,9	33,9
Bentonita	8,8	0,7	0,6

Tal como se muestra en la tabla anterior, el desecho de lodo de Silestone® es ligeramente ácido mientras que los demás componentes son de carácter básico. El análisis elemental de este lodo dio como resultado el 52 % p/p de SiO₂, con otros óxidos tales como Na₂O o CaO en concentraciones más bajas (<3 % p/p). Los valores de conductividad eléctrica y carbono orgánico total son altos para la muestra de compost, tal como se esperaba, que procede del desecho de plantas de actividades agrícolas en invernadero y comprende sales y materia orgánica.

El residuo vegetal está compostado. El escombro de construcción es una mezcla heterogénea de fragmentos irregulares de varios materiales, tales como madera, piedra, ladrillos, cemento y otros, con un lado de partícula mínimo de 2 cm.

Tabla 2. Análisis físico de cada componente individual.

	Humedad (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
Desecho de lodo de Silestone®	31,1	15,7	72,1	12,2	0,8

Escombros	-	-	-	-	1,1
Compost de material orgánico	38,9	-	-	-	0,3
Bentonita	8,2	32,2	13,1	52,9	0,9

Ejemplo 2. Mezclado de lodos de desecho de Silestone® con otros materiales (muestras 1-12)

Antes del mezclado, se secó cada componente individual, es decir, el desecho de lodo de Silestone®, el escombros procedente de obras de construcción, el compost de plantas procedente de invernaderos y la arcilla de bentonita, en un horno durante 24 horas a 105 °C. Se seleccionó este tipo de secado por motivos prácticos para este ejemplo, aunque a mayor escala se preferiría llevar a cabo el secado al aire de los lodos y el material orgánico.

Una vez secos, se pesan y mezclan los componentes para lograr composiciones homogéneas que comprenden las razones en peso expresadas en la tabla 3.

Tabla 3. Composición de cada muestra expresada como razón en porcentaje en peso (p/p).

	Número de muestra											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Desecho de lodo de Silestone®	60	60	60	60	50	50	50	50	40	40	40	40
Escombros	25	20	15	10	35	30	25	20	45	40	35	30
Compost	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
Bentonita	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Agua	20	20	20	20	17,5	17,5	17,5	17,5	15	15	15	15

Una vez mezclados, se humidificó cada muestra mediante la adición del 20, el 17,5 y el 15 % de agua en función de la cantidad de desecho de lodo de Silestone®, el 60 %, el 50 % y el 40 %, respectivamente. En la tabla anterior, la adición del 20 % de agua a la muestra 1 significa que, si la muestra 1 pesa 1 kg después de mezclar los componentes secos, se añaden 200 gramos de agua.

Ejemplo 3. Caracterización de las mezclas, muestras 1-12

Caracterización química

Se halló que los valores de pH de las muestras 1-12 del ejemplo 2, mostrados en la tabla 4, eran ligeramente básicos.

Tabla 4. Análisis químico de los componentes mezclados (muestras 1 a 12).

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Carbono orgánico total (%)
1	9,1	3,6	3,8
2	8,9	4,8	5,5
3	9,0	5,0	7,1
4	8,7	4,7	8,8
5	9,1	3,3	3,7
6	8,7	5,8	5,4

7	8,6	5,6	7,1
8	8,9	5,0	8,8
9	8,9	4,5	3,6
10	8,7	4,7	5,3
11	8,6	5,4	7,0
12	8,5	7,4	8,7

La fracción de carbono orgánico total aumenta linealmente al aumentar la fracción de compost, tal como se preveía. Sin embargo, aunque el principal componente que contribuye a los valores de conductividad eléctrica es el componente de compost, se observó que, sorprendentemente, los valores de conductividad eléctrica de los componentes mezclados no aumentan con una tendencia lineal al aumentar la cantidad de compost.

5 Caracterización física

Tabla 5. Clase de textura de las mezclas (muestras 1 a 12).

Muestra	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
1	21,3	60,7	18,0	0,96
2	22,0	60,4	17,6	0,90
3	27,9	54,5	17,6	0,84
4	23,9	54,5	21,6	0,90
5	23,2	59,1	17,8	0,98
6	26,7	56,1	17,2	0,94
7	26,1	55,5	18,4	0,95
8	26,5	54,6	18,9	0,83
9	26,3	57,6	16,1	0,93
10	28,4	52,1	19,5	0,93
11	28,4	54,8	16,8	0,94
12	29,2	52,4	18,4	0,78

Todas las muestras presentan una textura de limo-limosa debida principalmente a la presencia del componente de lodo de Silestone®. Aunque las muestras 1-12 sólo comprenden el 5 % (p/p) del componente bentonita (arcilla), en la textura del suelo, hay una mayor cantidad de componente similar a la arcilla encontrada en las muestras mezcladas.

10 Estabilidad de los agregados

Usando la prueba de dispersión en agua de Emerson modificada, se sumergieron en agua las muestras preparadas en el ejemplo 2 y se inspeccionaron visualmente a los 5 minutos, a las 2 horas y a las 24 horas. Los resultados que muestran los índices de dispersión en agua se muestran en la figura 2.

15 En general, cuanto mayor es la cantidad de lodo y grava, menor es la estabilidad de los agregados. Se observó que las muestras con las cantidades más altas de compost eran aquellas con la mayor estabilidad en agua. Cuando se disminuye la cantidad del componente desecho de lodo de Silestone®, también disminuye el índice de dispersión en agua (que puede observarse cuando se comparan los resultados para las muestras 1, 5 y 9, por ejemplo). Sin embargo, a pesar de su alto contenido de desecho de lodo de Silestone® (60 % p/p), se demostró

sorprendentemente que la muestra 4 era la muestra con la estabilidad en agua más alta (dispersión de agregados en agua más baja). Probablemente, el efecto perjudicial de la fracción de lodo relativamente alta en la estabilidad de dispersión es superado por el efecto beneficioso de la baja cantidad relativa de grava y la alta cantidad relativa de compost.

5 Índice de plasticidad (IP)

Los valores de índice de plasticidad para las muestras 1-12 (preparadas según el ejemplo 2) no seguían ninguna tendencia evidente en función de las razones de componentes. La figura 3 muestra los valores de IP para cada una de las 12 muestras.

Conductividad hidráulica

10 La permeabilidad al agua de las muestras 1-12 del ejemplo 2 se muestra en la figura 4 para muestras secas y muestras húmedas. La permeabilidad media de las muestras secas se reduce hasta permeabilidad baja cuando las mismas muestras están húmedas, tal como se esperaba.

15 Valores bajos a medios de permeabilidad significa que las muestras 1-12 de tecnosol no tendrán ningún exceso de drenaje de agua de lluvia ni ningún riesgo alto de contaminación de acuíferos con contaminantes posiblemente incluidos en el tecnosol. Además, ninguna de las muestras sometidas a prueba tiene un valor de permeabilidad tan bajo que impida la percolación del agua (agua que pasa a través del suelo).

Estos resultados muestran que las muestras permiten un drenaje adecuado con una retención de agua adecuada al tiempo que evitan riesgos de drenaje en exceso.

Ejemplo 4. Composición de lixiviado de las muestras 13-24

20 Se prepararon muestras similares a las descritas anteriormente (muestras 1 a 12) pero a mayor escala, de modo que se obtuvieron muestras de 15 l en recipientes independientes respectivos (muestras 13 a 24, respectivamente).

25 Se sembraron tres variedades de plantas en cada recipiente (es decir, en cada muestra), siendo las plantas dos tipos de *Macrochloa tenacissima* (también conocida como *Stipa tenacissima*) y un tipo de *Ephedra fragilis*. La irrigación inicial fue de 2 l de agua a cada una de las muestras y se recogieron los lixiviados. Se irrigaron las muestras con 2 l de agua cada dos semanas y se recogieron los lixiviados correspondientes.

El análisis elemental de lixiviado después de la primera irrigación se determinó mediante fluorescencia de rayos X tal como se describió anteriormente en los métodos y los resultados se resumen en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis elemental de lixiviado para las muestras 13-24.

Concentración (g/l)												
Muestra	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Na	3,6	3,8	3,3	3,4	2,8	2,3	2,0	2,6	3,1	1,5	2,2	2,8
Mg	0,8	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	0,7	8,2	0,6	0,5	0,8	1,0
Al	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0015	0,0	0,0	0,0	0,0
P	4,9	0,5	5,5	0,6	0,5	5,4	0,5	0,6	0,5	5,4	0,6	0,6
S	1,5	0,2	1,7	1,9	1,4	1,1	1,1	1,4	0,9	0,8	1,2	1,6
Cl	8,7	11,3	10,9	12,2	9,5	7,9	7,6	9,8	5,3	5,2	8,6	11,4
K	5,0	7,4	7,6	8,8	6,3	5,2	5,2	6,9	3,0	3,5	6,0	8,3
Ca	1,1	1,2	1,1	1,2	1,0	0,8	0,8	9,5	0,7	0,6	0,9	1,3
Concentración (mg/l)												
Muestra	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zn	0	0	12	0	0	14	0	7,7	0	0	9,1	10

Ga	0	21	0	0	0	6,6	0	0	7,6	12	7,4	8,6
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0
Ge	0	0	9,1	0	0	0	6,6	6,8	9,7	0	0	0
Ni	2,2	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
Br	58	67,5	75,1	91,4	73,4	54,7	54,6	70,9	37,9	37,7	70,5	82,1
Rb	0	5,7	8,2	0	0	6,9	0	0	6,9	0	6,5	4
Y	0	0	0	8,1	8,5	4,6	0	0	0	0	0	0
Sr	15,4	13	16,3	18,9	14	12	13	12	0	0	13	4
Zr	0	0	4,5	2,9	7,9	0	0	7,5	7,1	6	8,9	0

Los valores de la tabla 6 anterior muestran que, incluso para el primer lixiviado, la concentración de los cationes está muy por debajo de la tolerabilidad de la vida vegetal. Por ejemplo, la concentración máxima recomendada para el aluminio en aguas de irrigación es de 5 mg/l y la muestra 20 fue la única en la que se encontró aluminio, pero a una concentración de 1,5 mg/l. La concentración máxima recomendada para el bromo en aguas de irrigación es de 200 mg/l, donde se encontró que, en el primer lixiviado, la concentración de Br es inferior a 92 mg/l.

También se midieron los valores de pH y conductividad eléctrica de lixiviado a partir de lixiviados después de la primera irrigación el día 0, después de 15 días (2 irrigaciones, 1 cada dos semanas) y después de 30 días (3 irrigaciones, 1 cada dos semanas). Los resultados se resumen en la tabla 7. Los resultados muestran que la conductividad eléctrica de los lixiviados disminuyó hasta valores habitualmente encontrados en suelos fértiles después de las primeras tres irrigaciones de las muestras.

La inspección visual de las plantas después de un mes de la siembra reveló que estaban mostrando un comportamiento de crecimiento normal.

Tabla 7. pH y conductividad eléctrica de los lixiviados desde la irrigación de las muestras 13 a 24 el día 0, 15 y 30.

Muestra	pH			Conductividad eléctrica (dS/m)		
	Día 0	Día 15	Día 30	Día 0	Día 15	Día 30
13	7,11	7,42	8,2	36,8	18,02	7,58
14	7,02	7,35	8,18	45	22,7	9,16
15	6,85	7,38	8,01	42,5	22,2	8,26
16	6,96	7,43	7,98	48,2	27,7	9,96
17	6,99	7,34	8,11	37,9	17,1	8,41
18	6,89	7,37	8,13	31,1	19,06	7,43
19	6,94	7,37	8,11	30,8	20,8	7,86
20	7,02	7,43	8,16	39,4	22,7	8,47
21	6,81	7,42	8,17	22,4	11,78	6,35
22	7	7,29	8,12	22,3	16,75	6,99
23	6,97	7,23	8,11	34,2	23,2	10,49

24	6,91	7,27	8,1	41,6	32,3	13,3
----	------	------	-----	------	------	------

Los ejemplos muestran que las mezclas según la invención pueden usarse como tecnosol que muestra un comportamiento similar al del suelo fértil natural y pueden usarse para el restablecimiento de zonas degradadas y como sustrato para el crecimiento de plantas sin producirse lixiviado tóxico tras la irrigación. La muestra 4 (similar a la muestra 16) mostró los mejores resultados.

- 5 Ejemplo 5. Mezclado de lodos de mecanizado de desecho de cerámica y piedra aglomerada con otros materiales (muestras 25-36)

En este ejemplo, se describen mezclas adicionales según la invención que comprenden componentes alternativos al lodo y al componente de grava presentes en las muestras 1-24, así como que dan a conocer intervalos adicionales de proporciones de componentes.

10 Materiales

Desecho de lodo procedente del mecanizado en húmedo de losas Silestone® y Dekton® de colores/composiciones diferentes.

Grava de partículas procedentes de restos de Silestone®, obtenida mediante la trituración de fragmentos de Silestone® hasta que el tamaño de partícula promedio es de entre 1 y 30 mm.

- 15 Desecho de compost de plantas de invernadero como materia orgánica.

Bentonita como intercambiador catiónico.

Agua corriente de calidad urbana.

Preparación de las mezclas

- 20 Antes del mezclado, se secó al aire el desecho de lodo de Silestone® en el exterior durante 2 días hasta que su humedad fue de aproximadamente el 20 % en peso. El desecho de lodo de Dekton® requirió más días de secado al aire, concretamente 10 días, de modo que su humedad alcanzó el umbral del 20 % en peso.

La grava de Silestone® no contiene cantidades significativas de agua.

El compost de plantas procedente de invernaderos y la arcilla de bentonita no se secaron antes del mezclado y se usaron teniendo una humedad promedio del 39 % en el caso del compost y del 8 % en el caso de la bentonita .

- 25 Una vez secados parcialmente los lodos, se pesaron y mezclaron manualmente los componentes en una bandeja para lograr composiciones homogéneas que comprendían las razones en peso seco expresadas en la tabla 8. Cada muestra tenía un volumen de 2 l.

Tabla 8. Composición de las muestras expresada como razón en porcentaje en peso (p/p).

	Número de muestra											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Desecho de lodo de Silestone®	70	70	70	65	65	65	60	60	60	55	55	55
Desecho de lodo de Dekton®	2	7	12	2	7	12	2	7	12	2	7	12
Grava de Silestone®	15	10	5	15	15	15	20	15	10	20	20	20
Compost	10	10	10	15	10	5	15	15	15	20	15	10
Bentonita	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Agua	25	25	25	22,5	22,5	22,5	20	20	20	17,5	17,5	17,5

- 30 Una vez mezclados, se humidificó cada muestra mediante la adición de las cantidades adicionales de agua mostradas en la tabla 8, en función de la cantidad de desecho de lodo de Silestone®, además del agua ya contenida

como humedad en los componentes. En la tabla anterior, la adición del 20 % de agua a la muestra 25 significa que, si el peso de la muestra 25 es de 1 kg después del mezclado de los componentes húmedos, se añaden adicionalmente 200 gramos de agua. El contenido de agua de las mezclas 25-36 después del mezclado y la adición de agua osciló entre el 30 % en peso y el 40 % en peso. Sin embargo, cuando las mezclas se dejan reposar al aire libre, el contenido de agua disminuye lentamente hasta valores que oscilan entre el 10-30 % en peso.

Ejemplo 6. Caracterización de las mezclas, muestras 25-36

Caracterización química

Se halló que los valores de pH de las muestras 25-36 del ejemplo 5, mostrados en la tabla 9, eran más básicos que los de las muestras 1-24.

Tabla 9. Análisis químico de los componentes mezclados (muestras 25 a 36).

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Carbono orgánico total (%)
25	9,4	1,9	4,8
26	9,5	1,7	3,5
27	9,7	1,2	3,7
28	9,3	1,7	3,0
29	9,3	1,8	4,5
30	9,2	1,7	4,0
31	9,4	2,2	5,6
32	9,5	1,8	3,6
33	9,4	2,5	3,8
34	9,5	2,2	6,0
35	9,2	2,8	6,7
36	9,3	2,3	3,5

Muy favorablemente, los valores de conductividad eléctrica y COT medidos de las muestras 25-36 representativas están dentro de los valores característicos de suelos con alto contenido de nutrientes. En comparación con las muestras 1-14, la fracción de carbono orgánico total de las muestras 25-36 sorprendentemente ya no aumenta linealmente al aumentar la fracción de compost. Además, aunque el principal componente contribuyente a los valores de conductividad eléctrica es el componente de compost, también se observó que, de nuevo inesperadamente, los valores de conductividad eléctrica de los componentes mezclados no aumentan linealmente al aumentar la cantidad de compost.

Caracterización física

Tabla 10. Análisis físico de los componentes mezclados (muestras 25 a 36).

Muestra	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
25	21,8	63,8	14,3	0,79
26	24,2	62,7	13,1	0,75
27	20,0	66,5	13,6	0,85
28	23,2	63,8	13,0	0,83

29	22,4	66,9	10,6	0,85
30	15,8	70,4	13,8	0,75
31	23,1	61,2	15,7	0,74
32	24,5	60,0	15,6	0,80
33	20,5	60,0	19,5	0,88
34	21,3	65,3	13,4	0,77
35	21,9	65,9	12,3	0,72
36	23,7	59,8	16,5	0,72

Todas las muestras presentan una textura limosa-franca. Aunque las muestras 25-36 sólo comprenden el 3 % (p/p) del componente bentonita (arcilla), hay una mayor cantidad del componente textural de arcilla de las mezclas de suelo preparadas. Este tipo de textura de suelo proporciona buenas propiedades al suelo para el crecimiento de vegetación, puesto que retiene el agua y los nutrientes durante más tiempo.

5 Distribución de diámetro de partícula

La distribución de diámetro de las partículas en las mezclas con tamaños superiores a 50 µm se determinó mediante tamizado y los resultados se muestran en la figura 5.

La distribución de tamaño de las partículas es notablemente similar entre las diferentes muestras de mezcla, y el tamaño de partícula (en peso) dominante es de desde 8 hasta 16 mm. Se identificó que las partículas dentro de este intervalo de diámetro procedían principalmente del componente de grava de Silestone®, que actuarán ventajosamente en la mejora de las propiedades de aireación y percolación del tecnosol que usa las mezclas.

Conductividad hidráulica

Se sometieron las muestras a una prueba de conductividad hidráulica tal como se describió anteriormente en los métodos. Los resultados se muestran en las figuras 6a y 6b, donde se observa que la permeabilidad de las muestras de mezcla depende altamente de la proporción de cada componente. Este efecto es más apreciable para las muestras húmedas.

Parece que un contenido del 20 % de grava de Silestone® ralentiza la percolación del agua especialmente en condiciones húmedas (muestras 31, 34-36). Este es un hallazgo sorprendente puesto que los resultados van en contra de lo que se esperaría (esto es, que la conductividad aumentaría con la cantidad de grava) considerando el tamaño de las partículas de la fracción de grava de Silestone®.

Caracterización de lixiviado de las muestras 25-36

Al ensayo de conductividad hidráulica le siguió la recogida de los lixiviados correspondientes. Se midieron el pH y la conductividad eléctrica del lixiviado a partir de los lixiviados y los resultados se resumen en la tabla 11.

Tabla 11. Análisis químicos de los lixiviados a partir de las muestras 25 a 36.

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)
25	7,3	4,07
26	7,1	3,37
27	7,6	2,29
28	7,7	3,84
29	7,1	3,40
30	7,5	3,49

31	7,7	5,38
32	7,9	4,82
33	7,8	3,44
34	8,3	6,98
35	7,6	6,20
36	7,8	5,35

Los valores de pH disminuyendo en comparación con el pH medido directamente a partir de las muestras de mezcla, tal como se esperaba a partir de la dilución del agua de irrigación. Los valores de conductividad eléctrica obtenidos para todas las muestras son valores compatibles con el crecimiento de vida vegetal.

Ejemplo 7. Comportamiento bajo lluvia simulada

- 5 Se sometieron las muestras 25, 29 y 33 representativas que comprendían razones diferentes de materiales de desecho de lodo de Silestone® (70, 65 y 60 % p/p, respectivamente) y materiales de desecho de lodo de Dekton® (2, 7 y 12 % p/p, respectivamente) a una prueba de lluvia simulada. El propósito de esta prueba era evaluar el comportamiento de estas muestras de mezcla representativas como tecnosoles en cuanto a sus capacidades de resistencia a la erosión.
- 10 El simulador de lluvia consistía en una boquilla de agua situada 6 metros por encima del terreno, que rociaba agua a una velocidad de 40 mm/h. A esta altura, la energía cinética de las gotitas de agua se aproxima a la de las gotas de lluvia reales.

- 15 Se colocaron las muestras 25, 29 y 33 en bandejas metálicas de 20x80x20 cm y se sometieron a la prueba de lluvia simulada durante 1 hora. Se recogió la escorrentía superficial de agua de lluvia, se midió su volumen y, una vez filtrada, se pesó la cantidad de sedimentos.

La figura 7 muestra el volumen de escorrentía agua en función del tiempo. La figura 8 muestra el coeficiente de escorrentía superficial, como razón entre el agua de escorrentía superficial recogida y el agua suministrada por la boquilla, y la cantidad de sedimentos producidos (que corresponde a la erosión del tecnosol bajo la lluvia).

- 20 Los resultados muestran coeficientes de escorrentía superficial dentro del 40 al 50 % y una producción de sedimentos de entre 0,7 y 0,8 g/m². Estos valores indican que el tecnosol de la invención presenta un riesgo de bajo a insignificante de erosión excesiva.

Ejemplo 8. Bioensayo de toxicidad

- 25 La presencia de elementos tóxicos puede impedir el brote y el crecimiento de las semillas, especialmente durante los primeros días. Además, puede verse afectada la división celular de los ápices radiculares, lo que retarda el proceso de la mitosis o altera el proceso de alargamiento de las raíces. Por tanto, la inhibición de estos fenómenos es un buen indicador de la fitotoxicidad de un determinado suelo o, como en el presente ejemplo, de una determinada muestra de mezcla.

- 30 Se usaron dos plantas para el bioensayo, trigo (*Triticum aestivum*) y maíz (*Zea mays*). Antes de realizar los bioensayos de toxicidad, se determinó la viabilidad de las semillas mediante el uso de cloruro de trifeníltetrazolio. El método de reparto de cloruro de cloruro de 2,3,5-trifeníltetrazolio (TTC) basado en agua usando n-hexano para la evaluación de la viabilidad de tejido vegetal implica la reducción de TTC para dar trifenílformazano (TPF) insoluble de color rojo por la acción de enzimas deshidrogenasas de semillas, particularmente tales enzimas del ácido málico, cuando hay actividad respiratoria, lo que permite detectar semillas, brotes, hojas y células cultivadas viables mediante la aparición de la tintura de color rojo cuando tales enzimas están activas (Lin CH *et al*, Phytochem. Anal., 2001, 12(3):211-3; Russi, D., Bartosik, R., Rodríguez, J. Peretti, A. 2007. Adaptación del test de tetrazolio para la detección rápida de daño en la calidad del trigo por altas temperaturas durante el secado. IX Congreso Argentino de Ingeniería Rural y I del MERCOSUR. Argentina).

- 40 Se cortaron por la mitad cincuenta semillas, aleatoriamente seleccionadas, de las dos especies de plantas y se colocaron en una placa de Petri con TTC. Después de 24 horas, aquellas semillas cuyo embrión tenía una tintura de color rojo se consideraron viables y se seleccionaron para la prueba.

Después de confirmar la viabilidad de las semillas, se estableció un diseño experimental para estudiar la toxicidad de las muestras de mezcla de suelo. Se instalaron las muestras de mezcla 25-36 representativas en macetas, cada una con 10 semillas de trigo y 10 semillas de maíz. Además, se realizaron 3 réplicas para cada una de las 12 muestras.

Se regaron las macetas dos veces a la semana.

Se evaluó la cantidad de semillas que germinaron en cada maceta después de las primeras 4 semanas. También se realizaron revisiones periódicas para determinar si el crecimiento de las semillas tenía alguna alteración provocada por una posible toxicidad del sustrato.

- 5 Tal como se muestra en la figura 9, las semillas germinaron en todas las macetas, lo que indica que, en todos los casos, las mezclas eran fértiles. Sin embargo, hubo una variación apreciable en el número de semillas germinadas en función de la muestra de mezcla. Los resultados no seguían ninguna tendencia reconocible con respecto a las razones de los diferentes componentes de mezcla y se supone que las diferencias podrían deberse a otros factores, tales como la viabilidad diferente de las semillas. El tratamiento con mayor éxito en cuanto a germinación de semillas es el número 30, donde el contenido de lodo total (procedente de Silestone® y Dekton®) alcanza el 77 % p/p. A pesar de la gran variación en la concentración de componentes entre las mezclas, se demostró que todas ellas son sustratos fértiles como suelos artificiales y puede descartarse la toxicidad sistemática que inhibiría completamente la germinación o el desarrollo de vegetación.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Mezcla adecuada como suelo artificial, caracterizada porque comprende:
 - a) el 30-90 % p/p de lodo resultante del procesamiento de piedra artificial aglomerada;
 - b) el 5-45 % p/p de grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm;
 - 5 c) el 2-45 % p/p de materia orgánica; y
 - d) el 0,5-10 % p/p de un intercambiador catiónico,en la que p/p se refiere al peso seco de cada componente con respecto a la suma de peso seco total de a), b), c) y d).
2. Mezcla según la reivindicación 1, en la que el lodo comprende:
 - 10 - agua,
 - partículas de piedra, y
 - resina orgánica curada.
3. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en la que el lodo comprende partículas de piedra de cuarzo, cristobalita, cerámica, vidrio, mármol y/o feldespato.
- 15 4. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el lodo comprende una resina orgánica curada seleccionada de resinas de poliéster, resinas acrílicas, resinas epoxídicas y resinas vinílicas; preferiblemente es una resina de poliéster.
5. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el lodo comprende el 1-15 % en peso de resina orgánica curada, preferiblemente el 2-15 % en peso.
- 20 6. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el lodo comprende:
 - el 10-30 % en peso de agua,
 - el 60-90 % en peso de partículas de piedra, y
 - el 1-15 % en peso de resina orgánica curada.
7. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el lodo comprende:
 - 25 - el 10-30 % en peso de agua,
 - el 60-90 % en peso de partículas de piedra,
 - el 2-15 % en peso de resina orgánica curada, yen la que el tamaño promedio de las partículas de piedra en el lodo es de 0,001-1 mm.
8. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la mezcla comprende lodo resultante del procesamiento de piedra artificial aglomerada y lodo resultante del procesamiento de material cerámico.
- 30 9. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la composición química elemental del contenido seco del lodo a) comprende al menos el 40 % de SiO₂.
10. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la grava b) es de partículas de piedra natural, piedra artificial y/o cerámica, preferiblemente de restos o residuos de la fabricación de materiales de piedra o cerámica.
- 35 11. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la materia orgánica c) se selecciona de desecho de plantas, frutas o verduras, preferiblemente de desecho de plantas, frutas o verduras de compost.
12. Mezcla según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que el intercambiador catiónico es arcilla, preferiblemente seleccionada de minerales de esmectita, preferiblemente bentonita.
- 40 13. Método para preparar una mezcla adecuada como suelo artificial según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque comprende:

- combinar las siguientes sustancias hasta obtener una mezcla:

- a) lodo resultante del procesamiento de piedra artificial aglomerada;
- b) grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm;
- c) materia orgánica,
- d) un intercambiador catiónico, y
- e) opcionalmente agua.

5

14. Método según la reivindicación 13, en el que el método comprende:

- obtener un lodo mediante mecanizado o procesamiento de material de piedra artificial aglomerada o cerámica;

10

- combinar dicho lodo con las siguientes sustancias hasta obtener una mezcla:

- b) grava de partículas con un tamaño de partícula promedio de entre 1 y 70 mm, preferiblemente compuestas por material inorgánico tal como piedra (ya sea natural o artificial) o cerámica;
- c) materia orgánica;
- d) un intercambiador catiónico, y
- e) opcionalmente agua.

15

15. Uso de la mezcla según cualquiera de las reivindicaciones 1-12 como suelo artificial fértil, en particular para la rehabilitación de vertederos, parques naturales o artificiales, minas, pozos, campos agrícolas y como sustrato para el crecimiento de plantas.

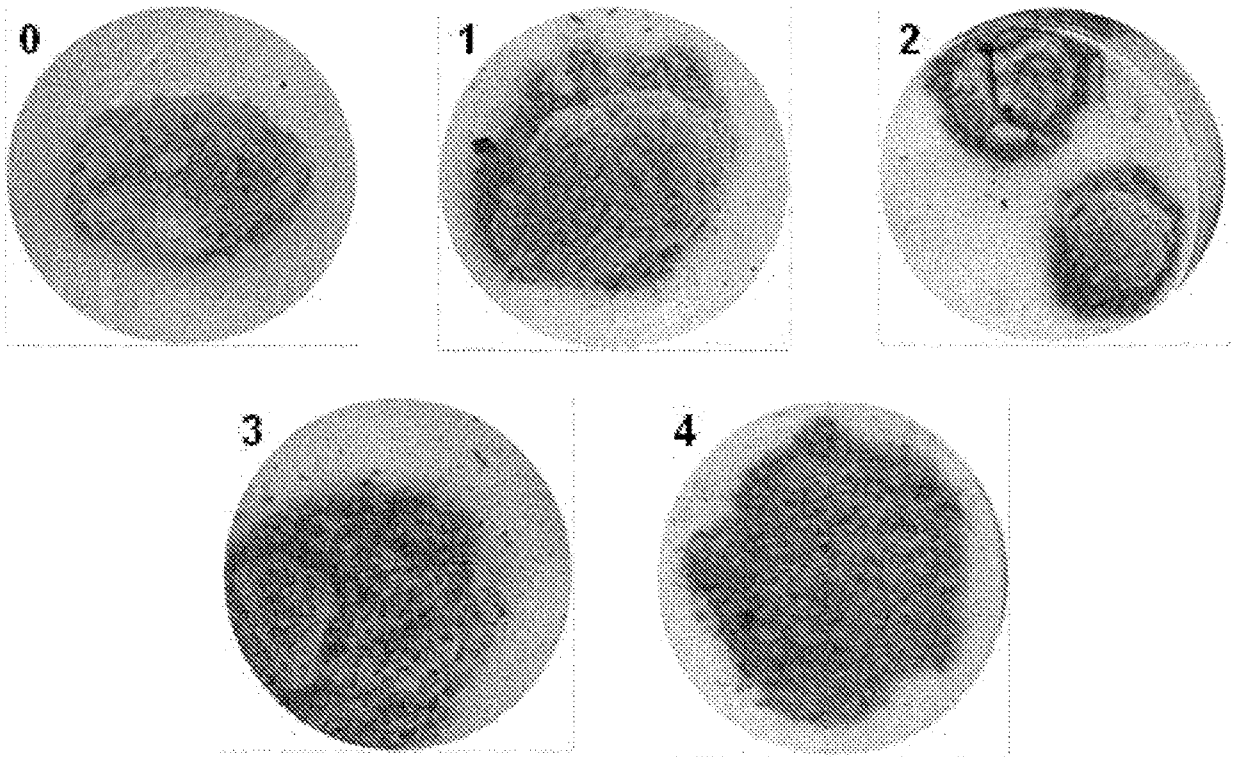


Fig. 1

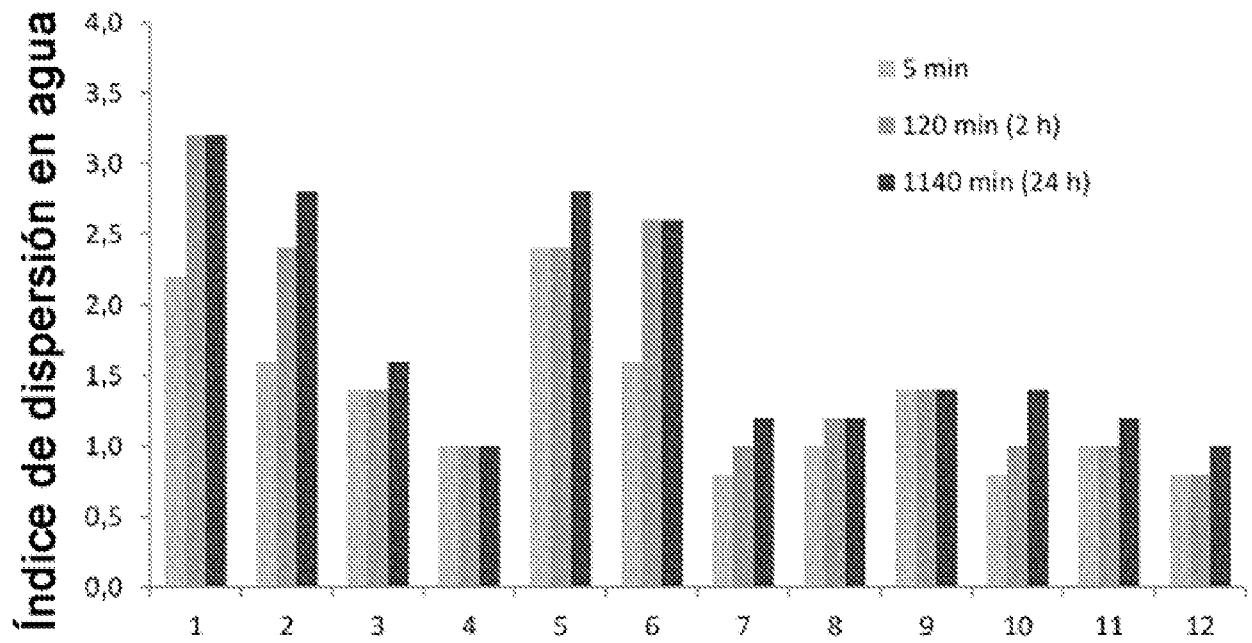


Fig. 2

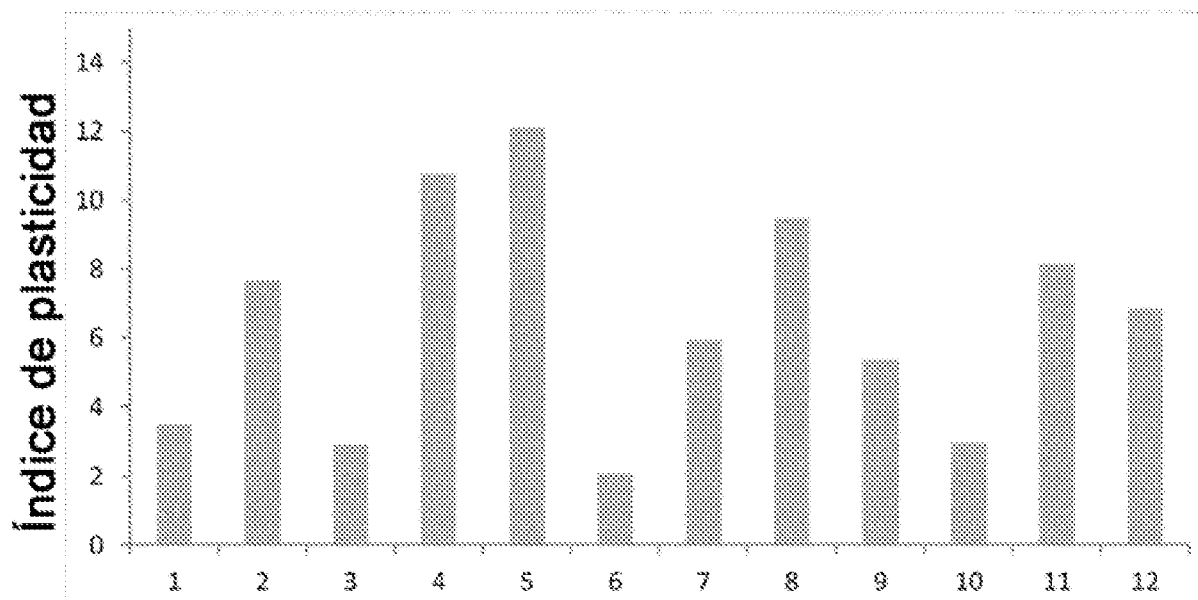


Fig. 3

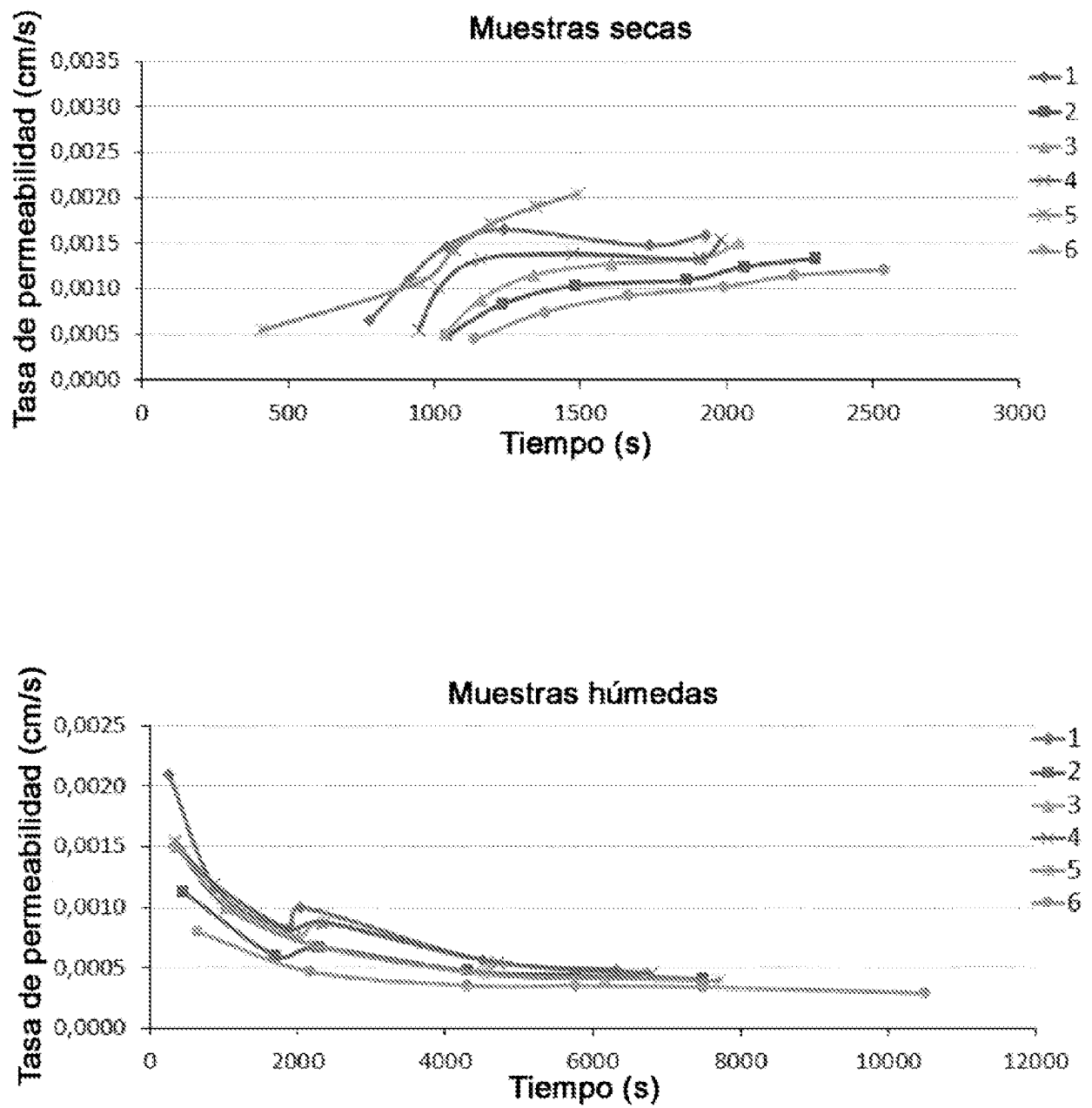


Fig. 4

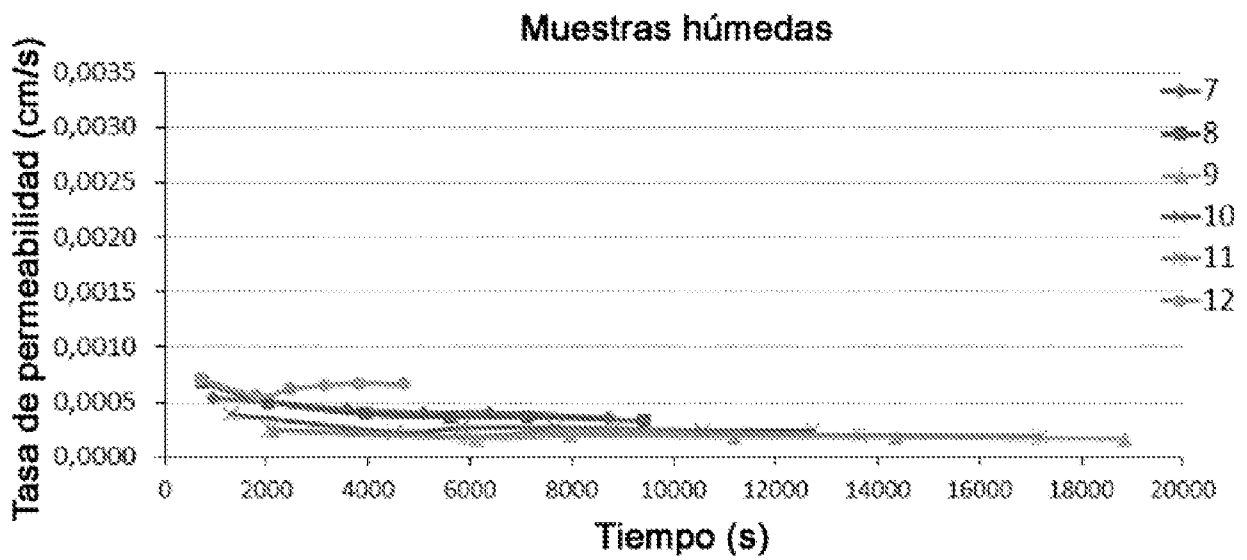
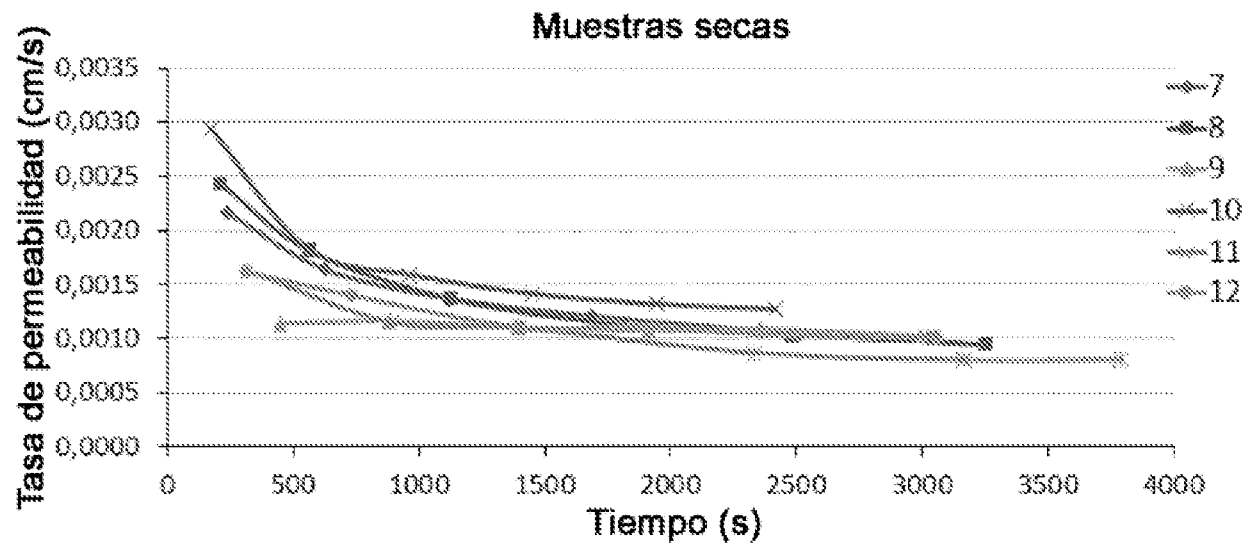


Fig. 4 (cont.)

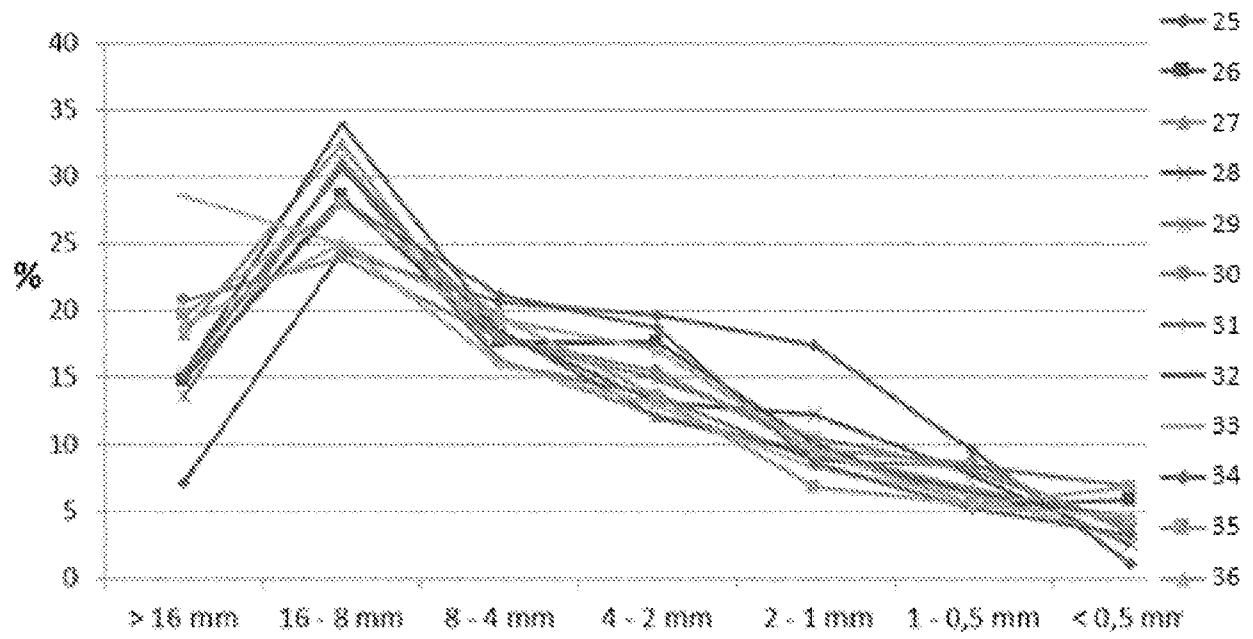


Fig. 5

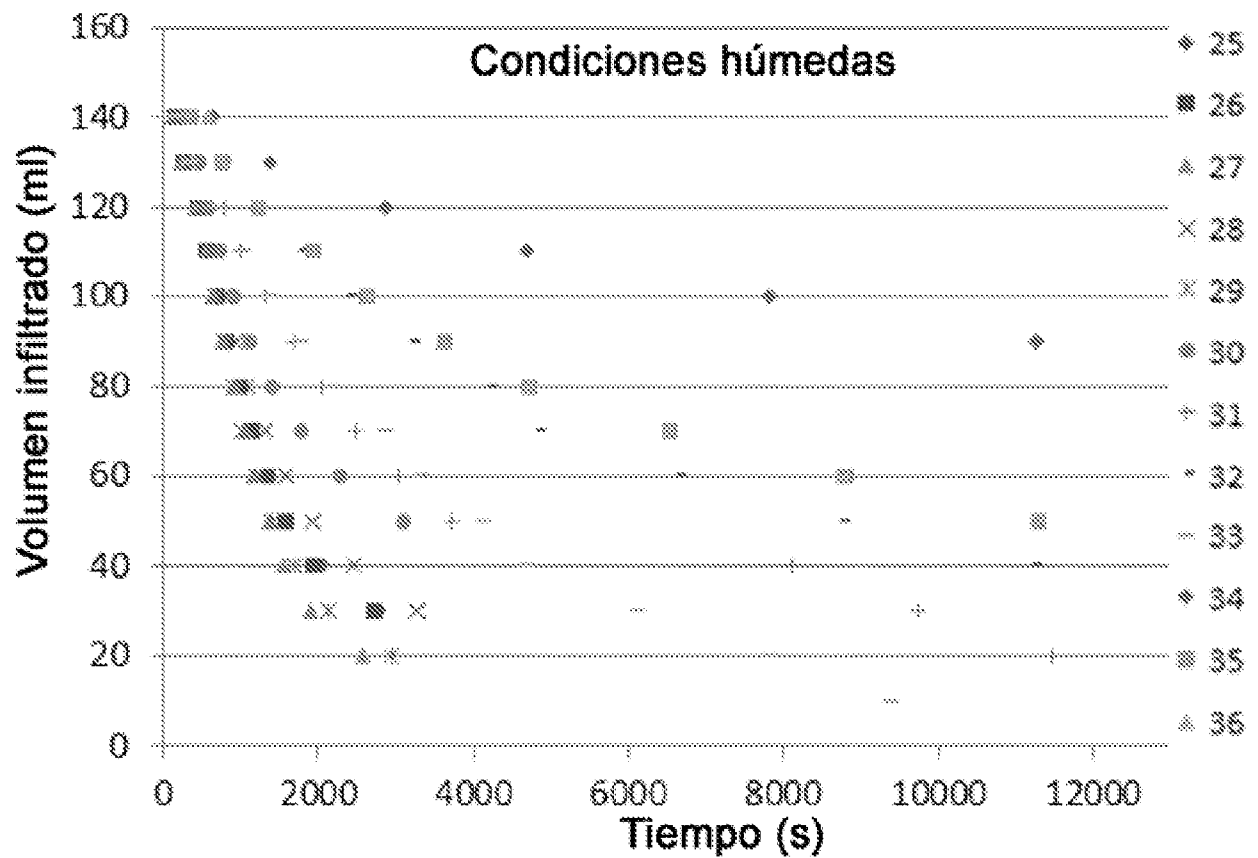
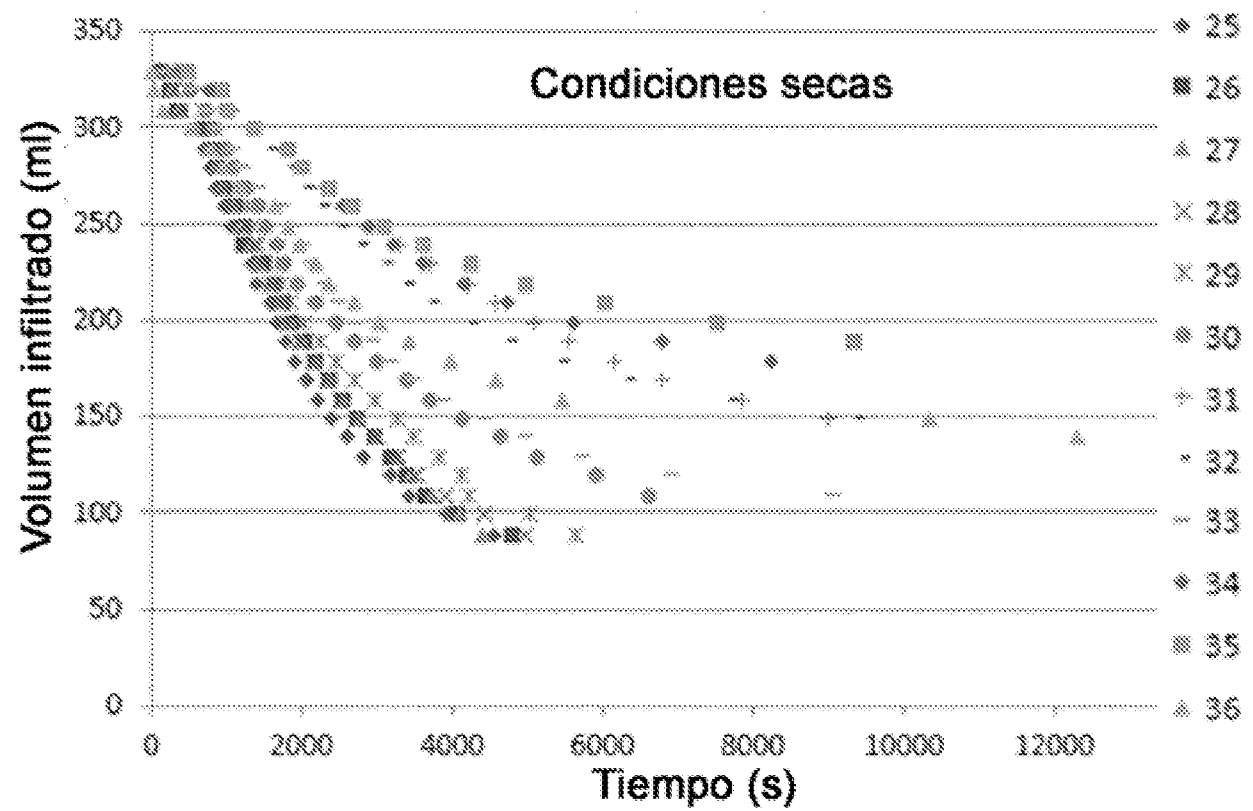


Fig. 6

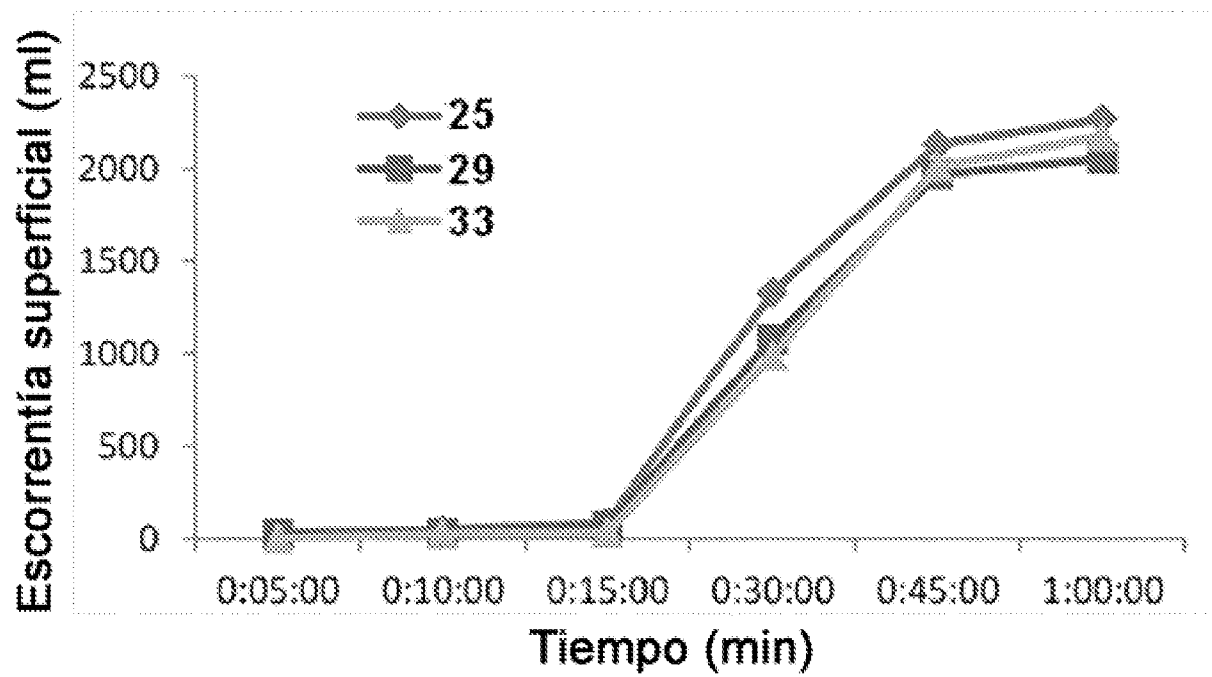


Fig. 7

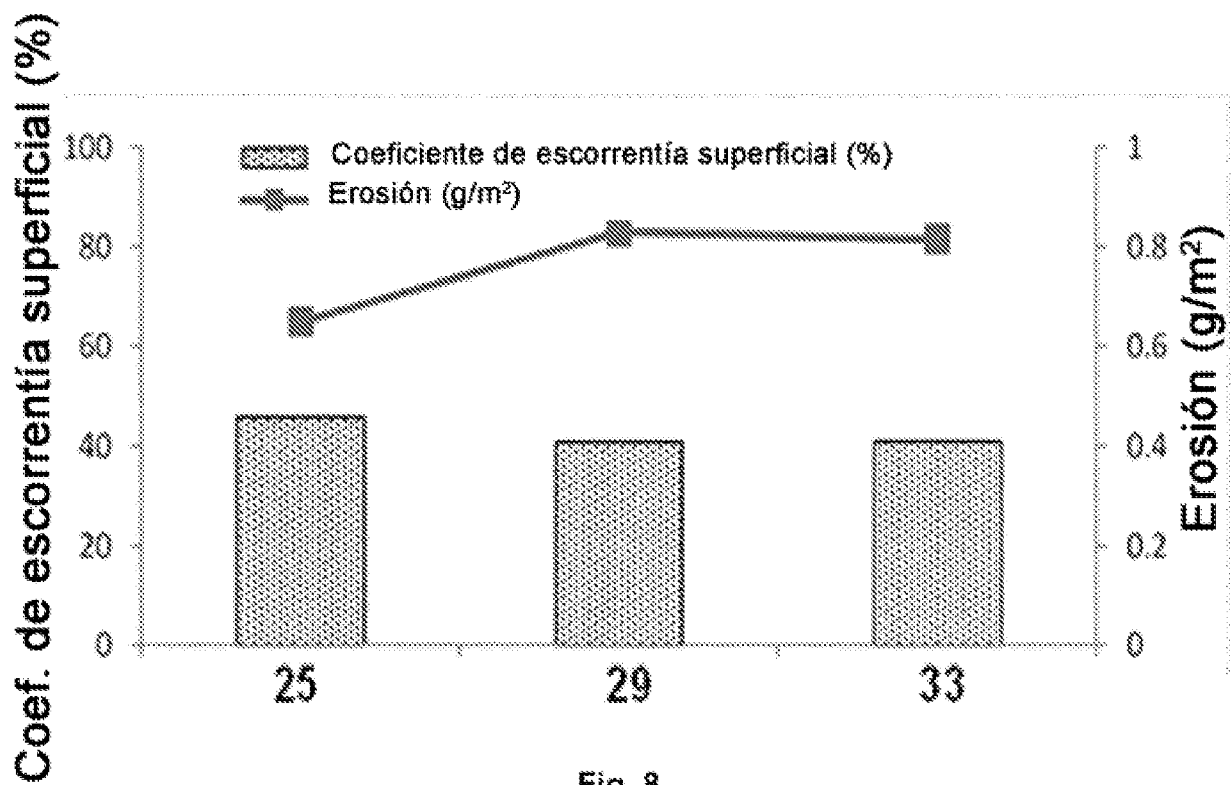


Fig. 8

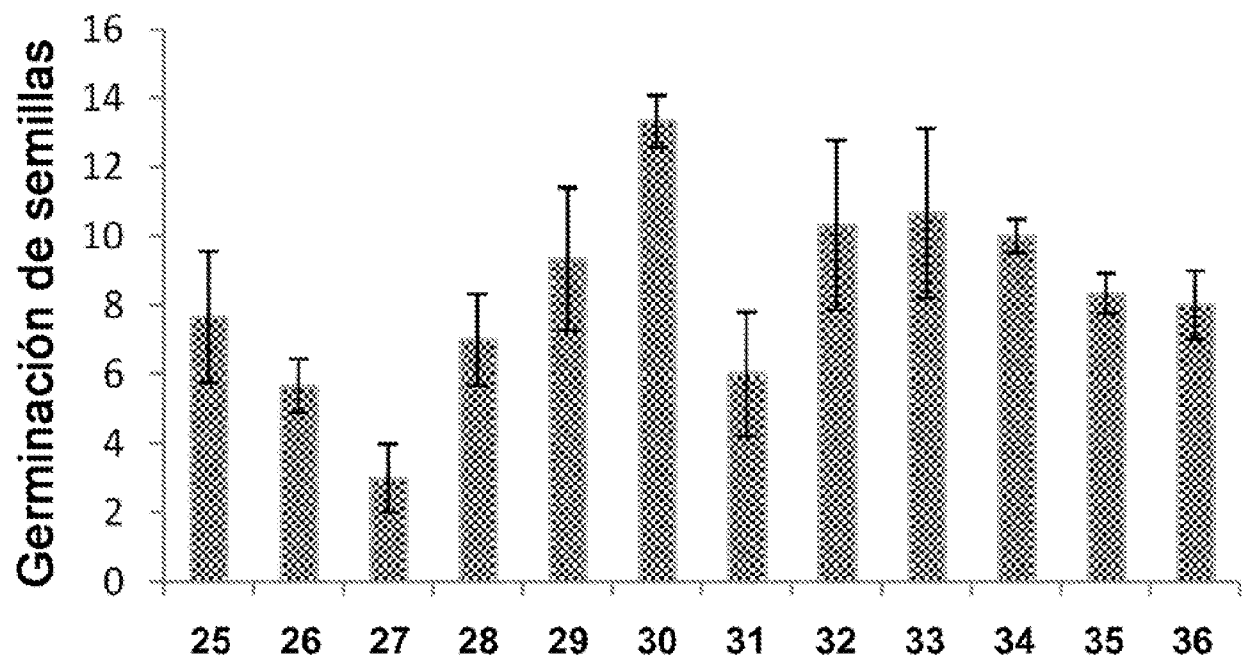


Fig. 9