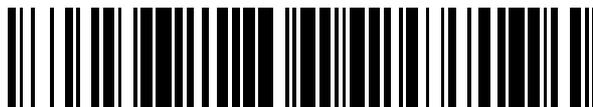


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 362 773**

21 Número de solicitud: 200930342

51 Int. Cl.:
C05F 15/00 (2006.01)
C05F 17/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación: **23.06.2009**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **13.07.2011**

Fecha de la concesión: **10.04.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **20.04.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
20.04.2012

73 Titular/es:
**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
EDIFICIO CACTUS - CAMPUS SUR.
15782 SANTIAGO DE COMPOSTELA, A Coruña,
ES**

72 Inventor/es:
**ESTÉVEZ SCHWARZ, IRIS;
SEOANE LABANDEIRA, SOCORRO y
NUÑEZ DELGADO, AVELINO**

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

54 Título: **COMPOST APTO COMO FERTILIZANTE O SUBSTRATO PARA VEGETALES Y
PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN.**

57 Resumen:

La presente invención describe un compost obtenido a partir de la mezcla de restos leñosos, lodos de EDAR, hierba u hojarasca y cenizas de combustión de biomasa en unos porcentajes determinados, tras un proceso de digestión aerobia. El producto obtenido presenta una composición concreta y homogénea independiente de los porcentajes de los compuestos que se han utilizado en su obtención, dentro del margen reivindicado. El compost de la presente invención puede ser utilizado como fertilizante o sustrato para vegetales mejorando la eficiencia de otros compost comerciales.

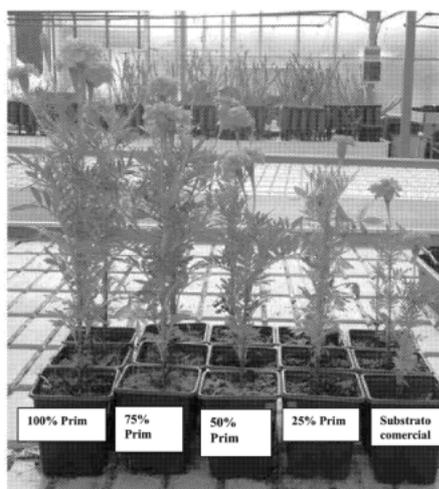


FIG. 17

ES 2 362 773 B1

DESCRIPCIÓN

Compost apto como fertilizante o substrato para vegetales y procedimiento de obtención.

5 **Campo técnico de la invención**

El compost de la invención está comprendido en el campo del tratamiento, reciclado y valorización de biosólidos. En concreto en el de los substratos y mejoradores de suelo de los compost orgánicos obtenidos a partir de productos de deshecho.

10

Antecedentes de la invención

En la actualidad se generan ingentes cantidades de distintos residuos orgánicos. Algunos de ellos son restos vegetales derivados de las labores de poda, siega y mantenimiento general de jardines urbanos. La eliminación directa de estos restos se encuentra con ciertos problemas, como el transporte hacia enclaves apropiados donde puedan ser sometidos a combustión, que además ésta conlleve suficiente rendimiento energético y que desde el punto de vista medioambiental se pueda valorar como pertinente. El eventual intento de reciclar o aprovechar directamente estos materiales como fertilizantes para vegetales es problemático a causa de su heterogeneidad física y química, y de su falta de equilibrio nutricional, junto con la escasa disponibilidad de nutrientes a corto plazo. En muchos casos, a falta de un mejor aprovechamiento el destino de estos materiales es el vertedero. En ocasiones este problema también se da con restos vegetales de procedencia no urbana, situación que afecta a parte de la biomasa vegetal residual de áreas rurales y montes. De modo que el reciclaje directo de restos vegetales como los generados a raíz de labores de poda, siega y mantenimiento general de zonas verdes urbanas o restos de biomasa residual de origen rural, es en la actualidad problemático por poco eficiente.

25

Del mismo modo, los lodos residuales, como los procedentes de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), son residuos orgánicos preocupantes. Desde hace décadas se ponen en práctica distintas alternativas para su tratamiento pero siguen necesitando vías de aprovechamiento y de reciclaje lo más efectivas posibles. Comparables a ellos, en cierta medida, son algunos purines o las fracciones pastosas de diferentes excretas de origen ganadero. Los lodos de EDAR siguen en constante aumento, con creciente peso de las normativas que obligan a depurar las aguas residuales de núcleos de población cada vez más pequeños. Es un problema permanente el poder tratar dichos lodos adecuadamente de modo que se disminuyan las molestias sensoriales y los riesgos de efectos negativos sobre la salud de las poblaciones y la salubridad del entorno ambiental.

35

Para diferentes residuos orgánicos, solos o mezclados adecuadamente, existen distintas vías de tratamiento. Una de ellas es la digestión aerobia, dirigida a lograr un producto final a modo de compost potencialmente reciclable como fertilizante agronómico. En la práctica, y según de qué residuos se trate, su frecuente heterogeneidad puede dar lugar a que el producto final no reúna toda la calidad que favorecería su valorización y posterior demanda para su empleo agronómico si no se emprenden medidas complementarias para subsanar esa dificultad.

40

Por otro lado, el destino mayoritario de las cenizas derivadas de la combustión de biomasa, procedentes por ejemplo de plantas de cogeneración de energía como las de diversas factorías madereras, es la acumulación en lugares destinados al efecto por las propias factorías o bien en vertederos. Esto implica un fin improductivo y que además supone costes para las empresas afectadas ya que las cantidades y volúmenes generados siguen siendo hoy en día muy importantes. Persiste en la actualidad la búsqueda de alternativas en ámbitos variados que faciliten el uso valorizante de este material, teniendo en cuenta especialmente sus características de elevada alcalinidad y su contenido en nutrientes para los vegetales. En este sentido, Demeyer hace una recapitulación de las características físicas y químicas más comúnmente encontradas en las cenizas de combustión de biomasa (Demeyer A., Voundi J.C. & Verloo M.G.: "Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview". *Biores. Technol.*, 2001, 2 77(3): 287-295). Analiza los efectos más destacables sobre las propiedades de los suelos receptores, también en lo relativo a la absorción por parte de los vegetales de los nutrientes que aportan las propias cenizas y de aquellos ya presentes en el suelo que se hacen más disponibles para su absorción al producirse modificaciones de propiedades como el pH. Esta publicación no estudia sin embargo la aplicación de ningún tipo de compost al suelo, como la presente invención.

55

Se buscan alternativas o se ensayan vías en ámbitos variados que faciliten el uso valorizante de estas cenizas, tanto aplicándolo sobre terrenos que se puedan beneficiar de su elevada alcalinidad y de su contenido en nutrientes para los vegetales (Krejsl J.A. & Scalón T.M.: "Evaluation of beneficial use of woodfired boiler ash on oat and bean growth". *J. Environ Qual.*, 1996, 25: 950-954; and Someshwar A.V.: "Wood and combination wood-fired boiler ash characterization". *J. Environ Qual.*, 1996, 25: 962- 972) como en el sector de la construcción, basamentos de carreteras o en la industria cerámica. De nuevo ninguna de las publicaciones anteriores estudia su añadido a un compost y tratamiento del mismo.

60

Hasta la fecha han sido registrados o publicados los detalles de distintos sistemas de tratamiento, valorización y reciclaje de lodos residuales, cenizas de combustión de biomasa, restos vegetales y de otros residuos. Estos procedimientos se alejan de la presente invención porque no contemplan en absoluto fases de digestión aerobia o compostaje, tanto si se centran en alguno de los residuos empleados de manera aislada como si se contempla alguna combinación

65

de dos o más ingredientes residuales, o si se acude a combinaciones de uno o más residuos con productos comerciales no residuales, como los encalantes convencionales del tipo de la cal viva.

5 La solicitud ES 2192144 describe procedimientos de mezclado técnico de lodos y cenizas de combustión de biomasa con el fin de que dicho mezclado simple facilite el tratamiento y su posterior reciclaje agronómico. Esta patente mezcla los dos componentes obteniendo un producto de una consistencia, contenido en humedad y manejabilidad mejoradas con respecto a los lodos por sí solos. El pH de los lodos se ve incrementado como resultado de ser mezclados con las cenizas, lo que contribuye a su valorización y estabilización ya que se favorece la eliminación de microorganismos patógenos. Sin embargo, dicha patente no contempla que dichas mezclas sean sometidas a procesos adicionales de digestión aerobia y tampoco comprende todos los componentes necesarios para obtener un compost de la presente invención.

15 Los procesos genéricos esenciales de los procedimientos de digestión aerobia son conocidos en la técnica, y tienen por finalidad lograr como producto final un compost a partir de productos residuales. Se han registrado diferentes patentes al respecto. Por ejemplo, la patente ES2063678 o la patente ES6725766, cuya principal diferencia con la presente invención es que no incorporan cenizas de biocombustión.

20 En algunas ocasiones, entre dichos productos residuales sí se han incluido cenizas derivadas de la combustión del carbón. Se han usado cenizas de combustión de carbón de centrales eléctricas en mezclas de materiales orgánicos y minerales con el fin de dar lugar a fertilizantes. Debe señalarse que las cenizas de combustión de carbón presentan características netamente alejadas de las cenizas de combustión de biomasa utilizadas en la presente invención. Tanto los contenidos de materia orgánica como las concentraciones de nutrientes, rangos de variación del pH y distribución del tamaño de partícula, entre otras particularidades, hacen a las cenizas de combustión de biomasa mucho más apropiadas que las cenizas de carbón para la obtención de compost. Así, se han llevado a cabo estudios experimentales relacionados con fases del compostaje de mezclas integradas por lodos de EDAR y cenizas de combustión de carbón (Fang, M, Wong, MH, Wong, JWC: "Digestión activity of thermophilic bacteria isolated from ash-amended sewage sludge compost". WATER AIR AND SOIL POLLUTION, 2001, 126, 1-2: 1-12). En este tipo de compostaje lo más frecuente es encontrarse con que las cenizas provoquen que decrezca la actividad microbiana durante la fase termófila, con lo que el resultado final no es bueno. En todo caso, dicho estudio experimental se limita a buscar y testar determinados microorganismos que hagan menos probable el fracaso en el compostaje de las mezclas que incluyen cenizas de carbón. Los contenidos de materia orgánica y las concentraciones de nutrientes, rangos de variación del pH y distribución del tamaño de partícula, entre otras particularidades, hacen que las cenizas de carbón se distingan profundamente de las cenizas de combustión de biomasa.

35 Recientemente también se ha realizado un estudio experimental de mezclas de cenizas de biomasa con residuos orgánicos comunitarios de una población separados en origen (T. Kuba *et al.* "Wood ash admixture to organic wastes improves compost and its performance". Agriculture, Ecosystems, Environment, August 2008, Vol. 127, 1-2, pp 43-49), que constituye el documento de la técnica más cercano a la presente invención. Esta publicación limita obligatoriamente las cenizas a aquellas procedentes de las bases de las calderas de combustión, para promover la adecuada calidad de su producto final. Además, fija el límite superior de presencia de las cenizas al 16% (peso/peso), lo cual supone otra diferencia notable respecto a la presente invención, que se caracteriza por un umbral superior eficaz más amplio. La invención plantea un límite superior del 20% pero con dosificación volumétrica y no en peso; al expresarlo respecto a peso todavía superaría netamente el valor del 20% ya que la densidad de los restantes residuos empleados, como la hojarasca o la hierba, es mucho menor a la de las cenizas.

45 La publicación de Kuba no incluye además ni lodos de EDAR, ni excretas ganaderas, ni hojarasca, ni hierba, de modo que su procedimiento de obtención no anticipa el de la invención en ninguno de sus parámetros. La evolución y posibilidad de éxito del compostaje de la mezcla compleja de residuos de la invención, que incluye proporciones más elevadas de cualquier tipo de ceniza de biomasa, requiere de un control mucho más exhaustivo y exacto del proceso de compostaje. Para un experto, la evolución a compostaje de una mezcla constituida por proporciones relativamente pequeñas de cenizas de biomasa y restos orgánicos separados en origen a partir de residuos sólidos urbanos (RSU) tal como está descrita en la publicación de referencia no presenta gran complejidad técnica.

55 El establecimiento de las proporciones necesarias de los ingredientes de la invención y especialmente de las cenizas, las condiciones de elaboración, y cómo someter estas mezclas a los procesos de digestión aerobia para obtener el compost son producto de un proceso de investigación en ningún modo sugerido por las enseñanzas de Kuba. En relación a esto, la técnica ha sufrido múltiples experiencias previas negativas al intentar involucrar diversas cenizas en la fabricación de compost dado que paralizan la fase termófila (Fang, M, Wong, MH, Wong, JWC. "Digestión activity of thermophilic bacteria isolated from ash-amended sewage sludge compost". WATER AIR AND SOIL POLLUTION, 2001, 126(1-2): 1-12).

65 De hecho, el procedimiento de la presente invención resulta en un compost de calidad sorprendentemente superior al de la referencia citada, como también es superior a la lograda por procedimientos de digestión aerobia aplicados a los distintos residuos por separado empleados en esta invención o a mezclas de ellos que exceptúen las cenizas.

Existen procedimientos de digestión aerobia fundamentados en la aceleración de los procesos biológicos naturales de mineralización en presencia de oxígeno, que permiten la obtención de una materia orgánica estabilizada similar al humus, por ejemplo la solicitud FR2924441. Esto supone una transformación biológica de la fracción orgánica, produciendo la estabilización y la reducción en peso y volumen del producto final. El humus obtenido es útil como fertilizante y como sustrato para vegetales. En estos procesos, los materiales de partida son diferentes residuos orgánicos y muy variados, que pueden incluir incluso restos de alimentación humana o RSU. En cualquier caso, la diferencia fundamental con el proceso de la invención es que estos productos tampoco contemplan una combinación compleja de la gama de materiales residuales planteados en la invención previa a la digestión aerobia, ni en concreto las cenizas de combustión de biomasa. Por ello, tanto las fases preparativas como el desarrollo del proceso de digestión y las características del producto final obtenido son distintas.

La presente invención describe una solución para el problema de la valorización de restos de biomasa vegetal leñosa y no leñosa, lodos de EDAR o fracciones pastosas de excretas ganaderas y cenizas de combustión de biomasa por medio de un proceso de digestión aerobia en condiciones controladas, para obtener un compost. Estos restos de biomasa vegetal comprenden los descartes del mantenimiento de parques y jardines (restos de poda astillados, hojarasca seca y hierba) o de restos vegetales de montes o de zonas rurales para los que no exista un mejor aprovechamiento. Se obtiene un producto final de gran calidad como fertilizante o sustrato para crecimiento vegetal.

Descripción de la invención

El proceso típico de elaboración y posterior maduración del compost comprende en líneas generales y por este orden una incubación inicial que da lugar en primer lugar a una fase mesófila y luego a una fase termófila, a partir de la cual comienza la reducción de temperatura.

Por “fase mesófila” se entiende en la presente solicitud la fase de actividad metabólica de las bacterias mesófilas, que provoca temperaturas de aproximadamente 40°C en la masa del compost. En esta fase se atacan las sustancias carbonadas fácilmente oxidables como los glúcidos, almidón, aminoácidos y proteínas solubles.

Por “fase termófila” se entiende en la presente solicitud la fase de actividad metabólica de las bacterias termófilas, que provoca temperaturas de entre 40°C a 60°C aprox. en la masa del compost. En esta fase se atacan las celulosas y ligninas y mueren las semillas de malezas, gérmenes patógenos animales y vegetales, y huevos de parásitos, y se inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos.

Finalmente, la fase de maduración completa la formación del compost maduro. La fase mesófila tiene lugar generalmente tras el primer volteo de aireación de la pila de materiales, la fase termófila generalmente entre el tercer y sexto volteo y la maduración definitiva generalmente tras el noveno y último volteo. Estos volteos del material facilitan esencialmente una oxigenación adicional, son necesarios para permitir la nueva entrada de oxígeno hacia zonas que pudiesen haber permanecido temporalmente en anaerobiosis y promueven además un elevado grado de homogeneización en el resultado final.

En el caso de la presente invención, a pesar de la gran variabilidad que pueden presentar los materiales de partida, el proceso y condiciones de compostaje empleados permiten que utilizando las mismas proporciones y el mismo procedimiento se obtengan productos compostados finales con características muy similares.

De forma que la presente invención es un compost apto como fertilizante o sustrato para crecimiento vegetal que comprende un pH de $7,0 \pm 0,6$, materia orgánica (MO) en un porcentaje del 35 a 45% respecto a peso seco, una cantidad de Carbono total del 18 al 35% respecto a peso seco, una cantidad de Nitrógeno total (Kjeldahl) del 1 al 2,5% respecto a peso seco, una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de 12 a 20, una cantidad de P_2O_5 entre 7500 y 12000 mg kg^{-1} , una cantidad de K_2O entre 7000 y 12500 mg kg^{-1} , una cantidad de CaO entre 17000 y 25000 mg kg^{-1} , y una cantidad de MgO entre 3000 y 5900 mg kg^{-1} .

En una realización preferente de la invención el pH está comprendido entre 6,9 y 7,6. En otra realización preferente el contenido de carbono está comprendido entre el 18 y el 30% respecto a peso seco. En otra realización más el contenido de nitrógeno está comprendido entre 1 y 2% respecto a peso seco. En otra realización más, la relación C/N está comprendida entre 14 y 19,9.

La relación C/N proporciona una estimación directa de las fracciones biológicamente degradables de C y N en el compost. La cuantificación de los elementos asimilables sirve para evaluar un sustrato desde el punto de vista de suministro de algunos elementos esenciales para el crecimiento de la planta, como P, K, Ca, Mg y los microelementos.

Por “fracción disponible” para las plantas se entiende en la presente solicitud la fracción del contenido total de un elemento en el suelo que, en un lapso de tiempo de 2 ó 3 años como máximo es susceptible de quedar a disposición del cultivo por acción de la propia evolución natural del suelo o por efecto de las prácticas culturales normales.

De forma que en otra realización preferente de la invención el contenido de P_2O_5 está comprendido entre 8500 y 10600 $mg\ kg^{-1}$. En otra realización preferente el contenido de K_2O está comprendido entre 8000 y 11900 $mg\ kg^{-1}$. En una realización más el contenido de CaO está comprendido entre 19000 y 23000 $mg\ kg^{-1}$. En otra realización preferente de la invención el contenido de MgO está comprendido entre 3500 y 5100 $mg\ kg^{-1}$.

5

Un aspecto muy preferente es el procedimiento de obtención del compost apto como fertilizante o sustrato para crecimiento vegetal de la invención, que comprende (a) la mezcla de componentes residuales que incluyen cenizas de combustión de biomasa; y (b) digestión aerobia. En una realización preferente de la invención dichos componentes residuales comprenden restos arbóreos y/o arbustivos triturados, lodos de EDAR, hojarasca y cenizas de combustión de biomasa. Y en una realización más preferente aún dichos restos arbóreos y/o arbustivos están comprendidos en un porcentaje de 40% a 60%, dichos lodos de EDAR están comprendidos en un porcentaje de 5% a 20%, dichas hojarasca está comprendida en un porcentaje de 20% a 40% y dichas cenizas de combustión de biomasa están comprendidas en un porcentaje de 5% a 20%, expresados en relación a volumen inicial ocupado.

15

En otra realización de la invención dichos componentes residuales se mezclan en una relación inicial C/N entre 25 y 35, y con un pH inicial entre 6 y 8. En otra realización, dichos lodos de EDAR están sustituidos por fracciones pastosas de purines o excretas ganaderas.

20

Por "excretas ganaderas" se entienden en la presente solicitud las excretas sólidas y/o líquidas recogidas mezcladas provenientes de granjas de ganado, como sería el caso de los purines.

25

En otra realización de la invención, dicha hojarasca está total o parcialmente sustituida por hierba. Y una realización más de este procedimiento comprende la etapa previa de trituración de los restos arbóreos y/o arbustivos hasta un tamaño de partícula inferior a 25 cm.

30

La distribución de las partículas en un sustrato es importante debido a que determina el espacio poroso, la densidad y la retención de agua. Un exceso de partículas finas, $<0,1$ mm, atasca los poros, aumenta la capacidad de retención de agua no disponible para las plantas y disminuye la porosidad. También hay que remarcar la importancia de la capacidad de retención de agua disponible para las plantas de la fracción de tamaño entre 0,1 y 0,5 mm. El compost de la invención muestra un porcentaje de partículas en dicho rango cercano al 15%. Se define como el mejor sustrato aquel cuya textura se encuentra en una situación catalogable como entre media y gruesa, equivalente a una distribución de tamaño de partículas entre 0,25 y 2,5 mm, que permite una retención de agua fácilmente disponible junto con un contenido adecuado de humedad (Benito *et al.*: "Chemical and microbiological parameters for the characterisation of the stability and maturity of pruning waste compost". 2005, Biol. Fertil. Soils 37: 184-189). Por otra parte, en relación al tamaño de las partículas y sus propiedades físicas se ha concluido que la fracción menor a 0,5 mm, y en particular entre 0,1 y 0,25 mm, es la que más influye positivamente en la porosidad y retención de agua. Las pilas de compost montadas en verano, que tienen una mayor proporción de césped, dan lugar a un material más fino con menor espacio para el aire y mayor retención de agua fácilmente disponible.

45

La utilidad de los tests de madurez y estabilidad aplicados sobre el producto de la invención reside en comprobar la idoneidad del compost para su aplicación en función de distintos factores como problemas de fitotoxicidad, estabilidad del carbono y del nitrógeno, y reducción de la respiración. Se entiende que no determinan la finalización del compostaje, ya que parecen dar por finalizado el proceso cuando en realidad las pilas se encuentran en estado de fermentación aerobia y todavía muestran temperaturas mesófilas, lo que indica que persiste una intensa actividad de descomposición que debe finalizar antes de la utilización del compost.

50

Con la presente invención, partiendo de materiales residuales, se logra su tratamiento, valorización y reciclaje productivo al obtener un compost de elevada calidad utilizable como fertilizante o como sustrato para vegetales. Para alcanzar ese fin es necesario realizar combinaciones en proporciones adecuadas de los diferentes residuos contemplados, y someter a las mezclas resultantes a procesos de digestión aerobia en condiciones controladas. El procedimiento de la invención permite el tratamiento óptimo conjunto por digestión aerobia de una mezcla compleja de diferentes residuos con un grado de eficacia no esperable en base a lo conocido en el estado de la técnica. Sorprendentemente se logra un compostaje muy eficiente, obteniendo un producto final de elevada calidad como fertilizante y/o sustrato para vegetales.

65

Las características de partida de las cenizas de biomasa invitan *a priori* a desaconsejar su utilización en mezclas que se vayan a compostar. Uno de los motivos esenciales de ello viene dado por los pH netamente alcalinos que con frecuencia presentan este tipo de cenizas, superiores a 12 e incluso 13. Si este valor de pH puede ser adecuado para mezclas simples que no se sometan a compostaje con residuos como lodos de EDAR, ya que contribuye a eliminar microorganismos patógenos, huevos de parásitos, etc., ocurre todo lo contrario cuando se trata de mezclas que vayan a ser sometidas a digestión aerobia. En este caso, el pH excesivamente elevado reduce drásticamente la actividad microbiana imprescindible para un correcto compostaje, con lo que fracasa el proceso. No ocurre eso sin embargo cuando se aplican cenizas directamente a suelos receptores, siempre en las dosis correctas para no subir el pH por encima de lo adecuado, ya que en ellos no repercuten sobre una actividad microbiana relativa al compostaje. Además de lo anterior, la excesiva pérdida de moléculas nitrogenadas que promueve un medio tan alcalino supone un efecto secundario indeseable. Sin embargo, los inventores han descubierto que se puede hacer uso de este tipo de cenizas en

combinación con los otros residuos incorporados en la mezcla de la invención para lograr un compost final de elevada calidad. Sorprendentemente este compost es de calidad netamente superior al obtenido compostando los restantes residuos pero sin incluir las cenizas.

5 Para ello es clave la dosificación correcta de dichas cenizas y la homogeneización minuciosa de las mezclas de residuos antes de la elaboración de las pilas de compostaje, de manera que se impida la formación de microambientes hiperalcalinos que supongan un lastre para el arranque y posterior evolución de la digestión aerobia. Estas condiciones hay que complementarlas con el mantenimiento continuado de condiciones de humedad y aireación óptimas, tal como se especifica en la invención.

10 Los inventores han descubierto además que con proporciones menores al 10% en volumen de tales cenizas no se mantienen las temperaturas en la fase termófila el tiempo suficiente para obtener una higienización adecuada de toda la pila de compostaje. Tampoco era previsible de partida el hecho de que un porcentaje de cenizas mayor del 20% en volumen no evidenciara un efecto positivo en la correcta evolución de la temperatura con vistas a la adecuada higienización del compost.

Adicionalmente, al elaborar el compost de la invención se pone de manifiesto la sinergia de los distintos materiales residuales sometidos a compostaje, en los aspectos siguientes:

20 - El pH final del compost muestra siempre un valor cercano a la neutralidad como resultado de la reacción entre las sustancias ácidas liberadas durante la digestión aerobia y las sustancias alcalinas aportadas en las cenizas.

25 - En la mayoría de los casos, ya a partir del 6º volteo y por tanto antes de finalizar el compostaje, se alcanza el valor de C/N <20 impuesto por el R.D. 824/2005 para que el producto se catalogue como enmienda orgánica compost. En el aporte de C y N participan de manera complementaria los diferentes residuos empleados, y la evolución de la relación C/N de partida hasta su valor final está condicionada por el conjunto de ingredientes y de factores que operan en el proceso.

30 - En todos los casos los productos finales presentan cantidades importantes de C, N, P, Ca K, Mg y también de micronutrientes, por lo que constituyen una enmienda orgánica con un alto poder fertilizante. Todos y cada uno de los componentes residuales de las mezclas de partida colaboran sinérgicamente en este resultado final y en sus fracciones totales y disponibles, en una forma no previsible y que no se produciría si faltara alguno de ellos.

35 Otra realización de la presente invención es el uso del compost obtenido en la fabricación de un producto apto como fertilizante o substrato para crecimiento vegetal en invernadero, y una realización más es su uso en la fabricación de un producto apto como regenerador de zonas degradadas.

40 Con la intención de mostrar la presente invención de un modo ilustrativo aunque en ningún modo limitativo, se aportan los siguientes ejemplos.

Ejemplos

45 Ejemplo 1

Preparación de compost Tipo Otoño

50 Se mezclaron haciendo uso del cazo de una retroexcavadora los porcentajes volumétricos de los componentes en peso fresco que se indican: 30% de hojarasca, 10% de lodos de EDAR, 50% de restos de poda y 10% de cenizas de combustión de biomasa, para hacer una pila de 16 m de largo, 2 m de alto y 2,5 m de ancho en su base, de aprox. 40 m³. Este material inicial se dejó incubar sobre un lecho de ramas en una superficie cubierta pero abierta en las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste) y con libre ventilación, en condiciones de temperatura y humedad exterior ambientales. Se realizaron 9 volteos de la pila de material en los días 7 (1º volteo), día 15 (2º), día 20 (3º), día 30 (4º), día 44 (5º), día 58 (6º), día 78 (7º), día 114 (8º) y día 140 (9º) de la incubación. La humedad se mantuvo en todo momento entre el 50 y el 60%. Seguidamente se dejó en reposo durante 40 días. Transcurrido ese tiempo se consideró el compost maduro y listo para utilizar. No se generaron lixiviados.

60 Se realizó una medición directa semanal de la variación del pH de las pilas con un potenciómetro de campo, con un electrodo especial para medir en muestras sólidas. Se introdujo el electrodo mediante un tubo alargador hacia la parte interior de la pila en dos puntos introduciendo siempre el máximo posible la sonda a una altura media de las pilas. El pH de esta mezcla osciló durante el periodo de compostaje entre valores cercanos a 7 y 7,9, para finalmente estabilizarse en 7,3, cercano a la neutralidad.

65 Las medidas de potencial rédox (Eh) fueron realizadas en superficie a 3 alturas: parte superior de la pila, zona central y parte inferior. El Eh de este compost mostró una clara tendencia ascendente desde valores de 160 mV hasta los 327 mV (Figura 1a).

Se realizó un seguimiento de la evolución del tamaño de las partículas y de la pérdida de masa durante el compostaje (Fig. 2a). Se evidenció una disminución del 50% a menos del 20% en la cantidad de partículas de la fracción más gruesa (tamaño de partícula superior a 5 mm), y un aumento del 6% a cerca del 20% de las fracciones más finas (inferior a 0,5 mm) al final de la fermentación. Hacia el final del proceso aunque antes de culminar la fase de maduración, la fracción predominante es la comprendida entre 0,5-2 mm, con una prevalencia del 29%. Durante la fase de maduración (señalado como “final” en la gráfica), esta fracción aumentó hasta el 39%.

Se realizó un tamizado al finalizar la etapa de maduración, que permitió observar una proporción del 22% de partículas con tamaño superior a 8 mm, y una proporción del 29% de partículas con tamaño comprendido entre 0,5-2 mm (Fig. 3a).

En cuanto a la pérdida de masa (Fig. 4a), se observó una disminución aproximada del 30%, coherente con la pérdida en volumen que también se apreció por la disminución de huecos entre las partículas del compost al aumentar las partículas finas en detrimento de las de mayor calibre.

La relación C/N de la mezcla inicial era de 32. Tanto el carbono como la materia orgánica y la relación C/N muestran una tendencia descendente al inicio de la fermentación (Fig. 5a), estabilizándose los valores de Materia Orgánica (M.O.) en valores cercanos al 45% entre el 3° y el 6° volteo. La materia orgánica se determinó mediante calcinación durante 12 horas a 450°C. En la maduración final el contenido en M.O. descendió aún más, hasta el 40% (>35%, conforme a R.D. 824/2005), y la relación C/N hasta un valor final de 17 (<20, conforme a R.D. 824/2005). El contenido de nitrógeno fue del 1,2% (> 0,8% en materia seca, conforme a lo recomendado por la técnica).

La conductividad eléctrica se midió en muestras trasladadas al laboratorio, en la misma suspensión que el pH en H₂O, con un conductivímetro Crison 524. Se evidenció un patrón de comportamiento de Conductividad Eléctrica (C.E.) con fuertes descensos durante los 2 primeros volteos, disminuyendo de forma progresiva hasta el 6° volteo y equilibrándose entonces (Fig. 6a). Los valores iniciales fueron bajos debido a la poca conductividad eléctrica de la hojarasca; los valores finales estuvieron cercanos a los 400 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

La disminución de NH₄⁺ fue más pronunciada durante los 5 primeros volteos, alcanzando valores finales menores a 150 mg N kg⁻¹ (< 400 mg N kg⁻¹, conforme a lo recomendado por la técnica) (Fig. 7a). La formación de NO₃⁻ fue apreciable a partir del 6° volteo, una vez terminada la fase termófila, alcanzando finalmente valores cercanos a los 70 mg N kg⁻¹. La disminución en las concentraciones de NH₄⁺ junto a un aumento de las concentraciones de NO₃⁻, sugieren una ralentización de la descomposición biológica y que el compost estaba suficientemente maduro para su aplicación.

Los ácidos fúlvicos mostraron un descenso paulatino durante las distintas etapas del compostaje, alcanzando valores finales del 0,8% (Fig. 8a). Los ácidos húmicos, al igual que en otros casos de compostaje de residuos verdes no mostraron una tendencia clara durante el compostaje.

La extracción de los nutrientes en forma acuosa se realizó por medio de agitación de un extracto durante 10 minutos, seguida de filtración por 10 μm y posteriormente otra filtración por 0,45 μm en bomba Millipore. Se observó un comportamiento similar para el P, Mg, Na y Ca solubles en agua, con un aumento inicial durante 3 volteos, momento a partir del cual descendieron manteniéndose estables al final a concentraciones ligeramente superiores a la inicial (Fig. 9). Estas modificaciones obedecen a la mineralización ocurrida durante los tres primeros meses. El K sufrió varias oscilaciones durante el proceso, alcanzando finalmente un valor similar al inicial (1800 mg kg⁻¹). Fe, Mo, Ni y Zn mostraron un ligero aumento inicial, estabilizándose a partir del 6o volteo; en cambio Mn y Pb se mantuvieron relativamente estables durante todo el proceso de compostaje.

Principalmente se observaron oscilaciones de los elementos variando entre sus formas solubles y disponibles, y un ligero aumento de las formas totales debido a la pérdida de masa sufrida por la mezcla durante la fermentación. La mayor parte de los elementos totales (Tabla I) muestra un ligero aumento de sus niveles debido a que se produce una pérdida de masa por la volatilización parcial de algunos elementos como el carbono, nitrógeno y azufre, provocando la concentración de los demás elementos. Al final del proceso se muestra el S como nutriente más disponible (43% del total), seguido del K (38%) y del Ca (36%). La mayor parte de los elementos potencialmente tóxicos se encuentran en su mayoría en formas insolubles, mostrando pequeñas oscilaciones en sus formas solubles y disponibles, pero manteniéndose constantes en sus formas totales.

TABLA I

5	Parámetro	Volteo					
		0	2	4	6	8	9
	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	7198,0	8235,6	7626,6	7572,1	8145,3	8585,3
	K ₂ O (mg kg ⁻¹)	6801,0	8406,2	8671,5	8862,7	9215,8	9033,6
10	CaO (mg kg ⁻¹)	20283,4	22916,9	22004,9	23321,4	23093,3	23340,3
	MgO (mg kg ⁻¹)	4233,8	4729,0	4851,9	4996,9	5163,2	5123,3
	Na (mg kg ⁻¹)	399,4	383,0	467,3	442,0	450,3	458,8
	S (mg kg ⁻¹)	2289,3	1747,3	1648,6	1626,4	1583,6	1621,0
15	Al (mg kg ⁻¹)	11867,1	13405,1	14064,4	13469,9	15062,6	15164,6
	As (mg kg ⁻¹)	17,1	14,0	11,3	13,1	12,6	12,0
	B (mg kg ⁻¹)	17,9	70,9	72,3	78,3	71,6	74,5
	Cd (mg kg ⁻¹)	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
20	Co (mg kg ⁻¹)	4,3	5,1	5,3	5,2	5,2	5,2
	Cr (mg kg ⁻¹)	85,2	84,9	86,0	76,0	71,7	75,5
	Cu (mg kg ⁻¹)	41,3	46,8	48,9	65,5	47,6	49,6
	Fe (mg kg ⁻¹)	10772,5	12427,2	13034,7	12575,1	12747,4	12841,7
25	Mn (mg kg ⁻¹)	445,6	593,8	564,9	647,7	606,5	602,4
	Mo (mg kg ⁻¹)	1,9	2,8	3,0	2,6	2,0	2,2
	Ni (mg kg ⁻¹)	18,7	18,0	20,5	16,8	18,2	18,5
	Pb (mg kg ⁻¹)	18,6	23,0	22,5	21,8	23,8	23,9
30	Zn (mg kg ⁻¹)	237,1	271,7	253,9	248,3	261,3	273,7

35 Para obtener una medida de los elementos asimilables para la vegetación se realizó una extracción en acetato amónico CH₃COONH₄ 1M a pH 7, con un periodo de agitación de 1 hora seguida del doble filtrado. Los nutrientes mayoritarios, como P, Mg, Na, S, K y Ca, no mostraron variaciones importantes en sus concentraciones en forma disponible para las plantas (Fig. 9), sino sólo pequeñas variaciones comprendidas quizás dentro del error estadístico de las medidas. En cambio, para los nutrientes con concentraciones menores, como Mn, Al, Zn y Cu, se observó una
40 evidente tendencia a disminuir aún más en su forma disponible, estabilizándose la mayor parte de ellos en el 4o volteo. El contenido en Cu disponible en la mezcla de compostaje se estabilizó en 0,8 mg kg⁻¹.

Para determinar el carbono orgánico total se pesaron 0,2 g de muestra molida en un matraz erlenmeyer de 250 ml. Se le añadieron 50 ml de H₂SO₄ concentrado y a continuación 25 ml de K₂Cr₂O₇ 2 N. Se introdujo en estufa a 105°C durante 2 horas junto a 2 blancos con iguales cantidades de reactivos. Una vez enfriados, se pasaron a matraces de 250
45 ml y se enrasaron con H₂O destilada. Para la valoración, se tomaron 5 ml de blanco o muestra y se le añadieron 10 ml de H₂O destilada, dos gotas de difenilamina y dos gotas de H₃PO₄ en un erlenmeyer de 250 ml. Se valora con Sal de Mohr 0,2 N.

50 La composición del compost resultante se muestra en las Tablas II y III.

TABLA II

55	Parámetro	Valor
	pH (H ₂ O)	7,14
60	C.E. (µS cm ⁻¹)	945
	Materia orgánica (%)	41,71
	C total (%)	25,65
	N total Kjeldahl (%)	1,50
65	C/N	17,10

TABLA III

	Parámetro	Agua	Acetato	Total
5	P₂O₅ (mg kg⁻¹)	404,19	853,07	10581,16
	K₂O (mg kg⁻¹)	3678,66	6330,55	11893,82
	CaO (mg kg⁻¹)	1279,44	8463,29	22038,81
10	MgO (mg kg⁻¹)	262,22	854,56	5006,38
	Na (mg kg⁻¹)	358,25	263,75	447,34
	S (mg kg⁻¹)	*	1182,17	2541,24
15	Al (mg kg⁻¹)	1,70	4,51	15705,04
	As (mg kg⁻¹)	*	0,22	12,21
	B (mg kg⁻¹)	*	2,95	69,45
	Cd (mg kg⁻¹)	0,02	0,09	0,35
20	Co (mg kg⁻¹)	0,17	0,13	4,92
	Cr (mg kg⁻¹)	0,02	0,18	73,57
	Cu (mg kg⁻¹)	0,67	0,78	52,09
	Fe (mg kg⁻¹)	1,87	3,09	12518,78
25	Mn (mg kg⁻¹)	0,02	10,07	512,37
	Mo (mg kg⁻¹)	0,21	0,15	2,55
	Ni (mg kg⁻¹)	0,21	0,11	16,43
	Pb (mg kg⁻¹)	0,10	0,78	35,81
30	Zn (mg kg⁻¹)	1,43	3,68	260,82

Ejemplo 2

Test de Madurez del compost Tipo Otoño

La medida de madurez del compost y ausencia de sustancias fitotóxicas se evaluó en virtud de los resultados del Grado de Estabilidad, del Test de Zucconi y del Test Solvita, todos ellos pertenecientes al estado de la técnica conocido por un experto medio.

Grado de Estabilidad (GE) y Nitrógeno Resistente (Nr)

Es considerado estable un compost con un valor de 50%, que indica que al menos la mitad de la materia orgánica o del nitrógeno contenido en el compost no se van a degradar rápidamente. En este ensayo, el GE adecuado se alcanzó a partir del 5° volteo (Fig. 10a). En valor del Nr fue en todo momento superior al 50%, indicando que a la hora de realizar una aplicación de compost, éste se comportará como una fuente de nitrógeno estable y de lenta liberación.

Test de Zucconi

Se comprobaron los efectos fitotóxicos sobre semillas de *Lactuca sativa*. Se observó cierta inhibición de la germinación durante los 20 primeros días (3° volteo) de fermentación de la pila de compost (Fig. 10b). A partir de los 44 días (5° volteo) se observaron valores de germinación superiores al 80% indicando ausencia de fitotoxicidad y estabilización en valores cercanos al 100% mostrando así una ausencia total de fitotoxicidad en la germinación y crecimiento de las semillas en el extracto de compost en agua destilada.

Test Solvita

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados con el kit (Solvita® plus DCR, Solvita) fueron los mostrados en la tabla IV. De acuerdo a estos datos de CO₂ y NH₃ emitidos, el compost estuvo maduro e inactivo y listo para almacenar a partir de los 20 días (3° volteo) de fermentación.

TABLA IV

Día	CO ₂	NH ₃	Índice	Fase	Descripción
15	5	5	5	Activo	Compost activo. Está saliendo de la fase activa de descomposición y está preparado para la maduración, se reducen las necesidades de manejo
20	7	5	7	Maduro	Compost finalizado: Bien madurado, pocas limitaciones de uso
30	7	5	7	Maduro	Compost finalizado: Bien madurado, pocas limitaciones de uso
44	8	5	8	Maduro	Inactivo, altamente maduro, muy bien envejecido, como suelo, no limitaciones de uso
58	7	5	7	Maduro	Compost finalizado: Bien madurado, pocas limitaciones de uso
78	7	5	7	Maduro	Compost finalizado: Bien madurado, pocas limitaciones de uso
140	8	5	8	Maduro	Inactivo, altamente maduro, muy bien envejecido, como suelo, no limitaciones de uso

Ejemplo 3

Preparación de compost Tipo Primavera

Se mezclaron haciendo uso del cazo de una retroexcavadora los porcentajes volumétricos de los componentes en peso fresco que se indican: 20% de hierba, 10% de lodos de EDAR, 60% de restos arbóreos y 10% de cenizas de combustión de biomasa, para hacer una pila de 16 m de largo, 2 m de alto y 2,5 m de ancho en su base, de aprox. 40 m³. Este material mezclado inicial se dejó incubar sobre un lecho de ramas en una superficie cubierta pero abierta en las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste) y con libre ventilación, en condiciones de temperatura exterior y humedad exterior ambientales. Se realizaron 9 volteos en los días 7 (1° volteo), día 15 (2°), día 20 (3°), día 30 (4°), día 44 (5°), día 58 (6°), día 78 (7°), día 114 (8°) y día 140 (9°) de la incubación. La humedad se mantuvo en todo momento entre el 50 y el 60%. Seguidamente se dejó en reposo durante 40 días. Transcurrido ese tiempo se consideró el compost maduro y listo para utilizar. No se generaron lixiviados.

Se realizó una medición directa semanal de la variación del pH de las pilas con un potenciómetro de campo, usando un electrodo especial para medir en muestras sólidas. Se introdujo el electrodo mediante un tubo alargador hacia la parte interior de la pila en dos puntos introduciendo siempre el máximo posible la sonda a una altura media de las pilas. El pH de esta mezcla comenzó con un valor de 7,6 debido al mayor carácter alcalino del césped respecto de la hojarasca que se utilizaba en el compost de otoño, sufriendo pocas oscilaciones durante el período de compostaje.

Las medidas de potencial rédox fueron realizadas en superficie a 3 alturas: parte superior de la pila, zona central y parte inferior. Este parámetro mostró una clara tendencia ascendente desde valores de 140 mV hasta los 320 mV, un nivel final muy parecido al del compost Otoño (Figura 1b).

Se evidenció una disminución del 50% al 20% en la cantidad de partículas de la fracción más gruesa (tamaño de partícula superior a 5 mm), que incluso siguió disminuyendo otro 5% durante los 7 meses posteriores (Fig. 2b). Las fracciones más finas (tamaño menor que 0,5 mm) se incrementaron de un 7% a un 23%. Al terminar la fermentación la fracción predominante es la comprendida entre 0,5-2 mm, con una prevalencia del 33%.

Se realizó un tamizado al finalizar la etapa de maduración que permitió observar una proporción del 14% en las partículas con tamaño superior a 8 mm, y una proporción del 33% de partículas con tamaño comprendido entre 0,5-2 mm (Fig. 3b).

En cuanto a la pérdida de masa se observó una disminución algo superior al 20% (Fig. 4b). Debido a esta pérdida de masa, a una mayor compactación como consecuencia de la mayor presencia de partículas de pequeño tamaño y a la propia naturaleza del material herbáceo, se estimó una pérdida en volumen cercana al 50 ó 60%.

5 El compost mostró tendencia a la disminución de M.O. tanto como a la disminución de C, de forma que casi no se produce variación en la relación C/N. La relación C/N se estabiliza al final en un valor de 14 (<20, conforme a R.D. 824/2005) y el contenido en M.O. en un 39% (>35%, conforme a R.D. 824/2005) (Fig. 5b). La materia orgánica se determinó mediante calcinación durante 12 horas a 450°C.

10 La conductividad eléctrica se midió en la misma suspensión que el pH en H₂O con un conductímetro Crison 524. Se evidenció un patrón de comportamiento de Conductividad Eléctrica (C.E.) con un descenso desde los 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a los 700 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Fig. 6b). Esta tendencia a disminuir está relacionada con pérdidas de elementos en disolución durante la mineralización de la materia orgánica.

15 La concentración de NH₄⁺ fue muy alta debido probablemente al gran contenido amoniacal del césped (Fig. 7b). Se observó un brusco descenso en las primeras etapas debido al aumento de la Tª y el pH, que provocan que se volatilice una parte de ese amonio. Se detectó además un pequeño aumento de la concentración de NO₃⁻ hasta valores cercanos a 100 mg N kg⁻¹ de muestra seca. Cuando la concentración de NH₄⁺ disminuye y aparece NO₃⁻ en el material procesado, entonces es considerado listo para ser utilizado como compost.

20 Los ácidos fúlvicos (Fig. 8b) mostraron un rápido descenso durante las primeras etapas desde un valor del 1,8% hasta el 0,9%. Los ácidos húmicos, sin embargo, no mostraron una tendencia clara durante el compostaje.

La extracción de los nutrientes en forma acuosa se realizó por medio de agitación de un extracto durante 10 minutos seguida de filtración por 10 μm y otra filtración por 0,45 μm en bomba Millipore. Macronutrientes como P, Mg, Na, y K, extraíbles en agua, siguieron una tendencia similar, mostrando todos una disminución durante los 6 primeros volteos y estabilizándose posteriormente (Fig. 11a). Este comportamiento estuvo en consonancia con el observado en la conductividad eléctrica, es decir, una disminución de iones en disolución a medida que progresa el proceso de compostaje. Como diferencia con respecto al compost del Ejemplo 1 elaborado con hojarasca, en la mezcla actual se observaron mayores concentraciones de Cu soluble procedente del césped, con un contenido en Cu soluble de 2,1 mg kg⁻¹, disminuyendo en esta ocasión hasta alcanzar valores finales cercanos a 1 mg kg⁻¹. También se observó una disminución del Zn y el Pb extraíble en agua durante el compostaje. Elementos como el Mn, Al, Zn, así como la mayor parte de los metales potencialmente tóxicos, mostraron disminuciones tanto en su forma soluble como disponible. En ambas formas estos elementos se mantuvieron en valores inferiores a 5 mg kg⁻¹ (Tabla V).

TABLA V

Parámetro	Volteo					
	0	2	4	6	8	9
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	9148,3	9517,9	8335,4	9325,6	8975,5	8650,5
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	11524,6	11548,5	11870,1	11670,5	12273,5	11665,9
CaO (mg kg ⁻¹)	14374,0	20467,4	19632,6	19692,3	20458,7	20707,5
MgO (mg kg ⁻¹)	3535,8	4911,8	4812,8	5048,1	4922,8	4974,4
Na (mg kg ⁻¹)	565,2	454,0	510,3	476,8	519,5	504,7
S (mg kg ⁻¹)	2129,8	2177,9	1958,9	2171,5	1976,8	1948,3
Al (mg kg ⁻¹)	9939,0	13670,6	12710,0	14201,5	14453,5	13832,4
As (mg kg ⁻¹)	10,1	24,5	12,7	15,3	14,1	13,5
B (mg kg ⁻¹)	40,6	69,4	69,4	85,2	69,7	70,3
Cd (mg kg ⁻¹)	0,3	0,7	0,4	0,4	0,5	0,4
Co (mg kg ⁻¹)	3,5	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3
Cr (mg kg ⁻¹)	71,6	101,0	88,6	86,6	82,1	78,0
Cu (mg kg ⁻¹)	33,5	51,2	44,7	56,4	55,7	50,4
Fe (mg kg ⁻¹)	9161,6	12957,8	12820,7	12911,2	12791,3	12870,2
Mn (mg kg ⁻¹)	300,8	465,1	484,3	463,7	522,4	521,1
Mo (mg kg ⁻¹)	3,7	3,8	3,2	2,9	2,8	2,5
Ni (mg kg ⁻¹)	13,4	21,0	19,2	18,0	18,1	16,8
Pb (mg kg ⁻¹)	19,4	32,5	24,3	26,7	27,2	25,3
Zn (mg kg ⁻¹)	167,7	274,2	227,3	264,1	242,1	233,6

Para obtener una medida de los elementos asimilables para la vegetación (también llamados “elementos disponibles”) se realizó una extracción en $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1M a pH 7, con un periodo de agitación de 1 hora seguida del doble filtrado. La mayoría de los elementos estudiados sufrieron una fuerte disminución en su disponibilidad durante los primeros días de incubación (Fig. 11b), siendo la excepción más destacable el calcio, que aumentó su concentración en la fracción disponible con valores finales que prácticamente alcanzaron los 8000 mg kg^{-1} de CaO. Parece que este comportamiento mayoritario podría estar provocado por reacciones en los primeros estadios que favorecen la formación de compuestos menos solubles. Otros elementos, como el Mg y el Na, sufrieron pocas variaciones en sus concentraciones. Se observaron altas concentraciones finales de algunos de los nutrientes disponibles, como P_2O_5 (845 mg kg^{-1}), K_2O (6310 mg kg^{-1}), Na (251 mg kg^{-1}), S (687 mg kg^{-1}), Fe (4 mg kg^{-1}), Cu ($0,4 \text{ mg kg}^{-1}$), debidas a la gran presencia de dichos elementos en el césped. Todos los elementos potencialmente tóxicos tendieron a disminuir hasta valores menores a 1 mg kg^{-1} a partir del 4º volteo, no entrañando en ningún momento riesgos de toxicidad en el producto final.

Durante el período de incubación, los principales nutrientes estudiados en sus formas totales no mostraron variaciones importantes. Metales como Zn, Cu, Ni, Pb, Cd y Cr aumentaron sus concentraciones durante el proceso de compostaje debido a la ya citada pérdida de peso. El orden de la concentración de metales es $\text{Zn} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Cd}$. Al final del proceso se muestra el K como nutriente más disponible, con un 54% del total, seguido del Na con un 49% y el Ca con un 36%.

Para determinar el carbono orgánico total se pesaron 0,2 g de muestra molida en un matraz erlenmeyer de 250 ml. Se le añadieron 50 ml de H_2SO_4 concentrado y a continuación 25 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 2 N. Se introdujo en estufa a 105°C durante 2 horas junto a 2 blancos con iguales cantidades de reactivos. Una vez enfriados, se pasaron a matraces de 250 ml y se enrasaron con H_2O destilada. Para la valoración, se tomaron 5 ml de blanco o muestra y se le añadieron 10 ml de H_2O destilada, dos gotas de difenilamina y dos gotas de H_3PO_4 en un erlenmeyer de 250 ml. Se valora con Sal de Mohr 0,2 N.

La composición del compost resultante se muestra en las tablas VI y VII

TABLA VI

Parámetro	Valor
pH (H ₂ O)	7,6
C.E. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	700
Materia orgánica (%)	37
C total (%)	18
N total Kjeldahl (%)	1,29
C/N	14

TABLA VII

Parámetro	Agua	Acetato	Total
P_2O_5 (mg kg ⁻¹)	410	910	8520
K_2O (mg kg ⁻¹)	3000	6050	11205
CaO (mg kg ⁻¹)	221	7950	22085
MgO (mg kg ⁻¹)	30	919	5010
Na (mg kg ⁻¹)	220	302	615
S (mg kg ⁻¹)	n.d.	695	1965
Al (mg kg ⁻¹)	4	4,8	13975
As (mg kg ⁻¹)	n.d.	<1	12
B (mg kg ⁻¹)	n.d.	n.d.	71

	Cd (mg kg-1)	n.d.	0,1	0,4
	Co (mg kg-1)	n.d.	0,2	5,2
5	Cr (mg kg-1)	n.d.	0,1	75
	Cu (mg kg-1)	1	1	50
	Fe (mg kg-1)	4,9	6	12820
	Mn (mg kg-1)	0,5	4,9	519
10	Mo (mg kg-1)	n.d.	0,1	2,4
	Ni (mg kg-1)	0,3	0,3	16
	Pb (mg kg-1)	0,1	0,9	24
15	Zn (mg kg-1)	1,5	3	231

Nota: n.d.= no detectado

20

Ejemplo 4

Test de Madurez del compost Tipo Primavera

25

La medida de madurez del compost respecto a la ausencia de sustancias fitotóxicas se evaluó en virtud de los resultados del Grado de Estabilidad, del Test de Zucconi y del Test Solvita, todos ellos pertenecientes al estado de la técnica conocido por un experto medio.

30

Grado de Estabilidad (GE) y Nitrógeno Resistente (Nr)

35

Es considerado estable un compost con valor de 50%, que indica que al menos la mitad de la materia orgánica o del nitrógeno contenido en el compost no se van a degradar rápidamente. En este ensayo, el GE adecuado se alcanzó a partir del 3º volteo (Fig. 12a). En valor del Nr fue en todo momento superior al 70%, indicando que a la hora de realizar una aplicación de compost, éste se comportará como una fuente de nitrógeno de distinta labilidad. Esto es positivo para cualquier fertilizante o sustrato, ya que de esta forma una parte del nitrógeno puede ser disponible para los vegetales a plazo relativamente corto, y otra parte irá siendo disponible progresivamente, a plazos mayores, con lo que no se necesitará estar continuamente abonando para suplementar el nitrógeno que absorban los vegetales.

40

Test de Zucconi

45

Se comprobaron los efectos fitotóxicos sobre semillas de *Lactuca sativa*. Se observó una inhibición inicial total de la germinación durante los 20 primeros días (3º volteo) de fermentación de la pila de compost, mostrando crecimientos muy inferiores a los del control (Fig. 12b). A partir del día 58 (6º volteo) se observaron valores de germinación superiores al 80% indicando ausencia de fitotoxicidad y estabilización posterior en valores cercanos al 100% mostrando así ausencia total de fitotoxicidad en la germinación de las semillas en agua destilada.

50

Test Solvita

55

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados con el kit (Solvita® plus DCR, Solvita) fueron los mostrados en la tabla VIII. De acuerdo a estos datos de CO₂ y NH₃ emitidos, el compost estuvo maduro e inactivo y listo para almacenar a partir de los 30 días de fermentación (4º volteo).

60

65

TABLA VIII

Día	CO ₂	NH ₃	Índice	Fase	Descripción
5					
15	4	4	4	Activa	Compost activo: Compost con una actividad media o moderadamente activa de descomposición, necesita seguir siendo manejada
10					
20	3	4	3	Inmaduro	Compost activo: Ingredientes frescos, necesidades altas de vigilancia y manejo
15					
30	4	5	4	Activa	Compost activo: Compost con una actividad media o moderadamente activa de descomposición, necesita seguir siendo manejada
20					
44	7	5	7	Maduro	Compost finalizado: Bien madurado, pocas limitaciones de uso
25					
58	6	5	6	Maduro	Maduración; requerimientos de aeración reducidos; compost listo para almacenar; reducidos requerimientos de manejo. Solvita con índice 6 y superiores es reconocido como apto en madurez para usos oficiales
30					
78	8	5	8	Maduro	Inactivo, altamente maduro, muy bien envejecido, como suelo, no limitaciones de uso
35					
140	8	5	8	Maduro	Inactivo, altamente maduro, muy bien envejecido, como suelo, no limitaciones de uso

40 Ejemplo 5

Aplicación del compost Tipo Otoño en un suelo degradado

45 Se eligió un suelo agrícola apto para recibir compost y lodos, según R.D. 1310/1990, con textura franca, que asegura las mejores cualidades para el desarrollo de las plantas, pero degradado. Se diseñaron 2 parcelas de un tamaño de 16 m² (2 m de ancho x 8 m de largo); una de ellas permaneció como parcela control y la otra iba a recibir una dosis de compost Otoño maduro de 40 t ha⁻¹ (6,4 t).

50 Se parceló y siguió la evolución de las parcelas de acuerdo al siguiente esquema:

S 40: Suelo de la parcela en la que se aplicó una dosis de 40 t ha⁻¹

S control: Suelo control en el que no se aplicó ningún tratamiento

55 S 40 +1: Suelo después de 1 mes desde la aplicación de la dosis de compost 40 t ha⁻¹

S 40 + 7: Suelo después de 7 meses desde la aplicación de la dosis de compost 40 t ha⁻¹.

60 Se realizó una preparación del terreno consistente en la eliminación mediante desbroce de la vegetación existente y un laboreo superficial de hasta 7 cm de profundidad de la zona. Se tomaron entonces muestras para análisis de componentes de los 10 cm superiores del suelo. Dichos análisis resultaron en que se trataba de un suelo con un pH ácido con una relación C/N equilibrada pero con una cantidad de nutrientes disponibles insuficiente, destacando P, Ca y Mg, tal como se muestra en las tablas IX y X.

TABLA IX

Parámetro	S 40	S control	Media
pH (H ₂ O)	5,17	5,45	5,31
C.E. (μS cm ⁻¹)	123,90	81,80	102,85
Materia orgánica (%)	10,63	10,17	10,4
C total (%)	4,83	5,02	4,93
N total Kjeldahl (%)	0,34	0,31	0,33
C/N	14,27	16,06	15,17

TABLA X

Parámetro	S40			S CONTROL		
	Agua	Acetato	Total	Agua	Acetato	Total
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	9,83	13,95	653,28	2,03	3,76	705,32
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	40,58	222,78	3134,80	36,27	191,97	4101,07
CaO (mg kg ⁻¹)	9,95	236,76	442,76	1,53	149,97	373,23
MgO (mg kg ⁻¹)	3,35	112,07	3819,52	1,24	63,06	4506,70
Na (mg kg ⁻¹)	23,33	42,49	87,28	15,22	20,79	87,80
S (mg kg ⁻¹)	*	79,08	315,17	*	74,60	273,44
Al (mg kg ⁻¹)	3,59	17,87	19463,02	4,80	20,19	22894,26
As (mg kg ⁻¹)	*	n.d.	5,33	*	1,09	5,04
B (mg kg ⁻¹)	*	0,02	75,04	*	0,06	86,89
Cd (mg kg ⁻¹)	0,03	0,03	0,16	0,01	0,02	0,07
Co (mg kg ⁻¹)	0,15	0,17	9,03	0,15	0,16	9,82
Cr (mg kg ⁻¹)	0,00	0,07	27,74	0,00	0,01	31,30
Cu (mg kg ⁻¹)	n.d.	n.d.	9,84	n.d.	n.d.	10,69
Fe (mg kg ⁻¹)	0,24	1,75	18051,19	0,93	1,15	20494,46
Mn (mg kg ⁻¹)	0,36	14,26	248,02	0,20	12,69	267,61
Mo (mg kg ⁻¹)	n.d.	0,01	0,11	n.d.	n.d.	0,23
Ni (mg kg ⁻¹)	0,11	0,15	16,42	0,11	0,13	17,93
Pb (mg kg ⁻¹)	0,18	1,01	8,13	0,23	1,37	8,65
Zn (mg kg ⁻¹)	0,58	0,73	41,14	0,50	0,96	44,06

*: no procede; n.d.: no detectado

A continuación, se aplicó y distribuyó de una forma homogénea el compost Otoño resultante del Ejemplo 1 previamente dosificado en una de las parcelas. La cantidad de nitrógeno total aplicada con el compost al suelo fue equivalente a aprox. 620 kg ha⁻¹. Se volvió a realizar el laboreo superficial para conseguir un mezclado homogéneo del compost con el suelo de la zona y se dejó reposar durante un mes para su estabilización. Al cabo de este tiempo, se volvió a realizar un laboreo y se procedió a la siembra. Para este ensayo se utilizó una mezcla de semillas libre de leguminosas, para que no produjesen variaciones en el contenido de nitrógeno que no fuesen atribuibles únicamente a la aplicación de compost. La aplicación de las semillas se realizó a voleo con una dosis de aplicación de 30 g m⁻². Un mes más tarde (S40+1) se realizó un corte de la vegetación de 4 submuestras (de 30 x 30 cm) en cada una de las parcelas. El corte de la biomasa se realizó con una cizalla eléctrica a una altura de 10 cm. La vegetación cortada se llevó a laboratorio donde se secó hasta peso constante y se pesó para determinar la biomasa media de cada parcela. Al mismo tiempo que se realizaba el corte de la vegetación, se procedió a un segundo muestreo del suelo con el fin de evaluar la influencia de la incorporación del compost sobre sus propiedades.

El resultado del análisis se muestra en las tablas XI y XII

TABLA XI

Parámetro	S40+1
pH (H ₂ O)	6,08
C.E. (μS cm ⁻¹)	570,00
Materia orgánica (%)	20,48
C total (%)	11,50
N total Kjeldahl (%)	0,80
C/N	14,35

TABLA XII

Parámetro	S40 + 1		
	Agua	Acetato	Total
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	91,68	69,28	4425,34
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	447,92	1815,82	6292,75
CaO (mg kg ⁻¹)	76,17	4694,79	8009,84
MgO (mg kg ⁻¹)	16,39	588,71	4591,16
Na (mg kg ⁻¹)	45,37	66,55	214,64
S (mg kg ⁻¹)	*	143,06	1320,27
Al (mg kg ⁻¹)	5,48	5,72	23183,48
As (mg kg ⁻¹)	*	n.d.	6,64
B (mg kg ⁻¹)	*	0,87	10,86
Cd (mg kg ⁻¹)	0,00	0,04	0,19
Co (mg kg ⁻¹)	0,14	0,10	8,46
Cr (mg kg ⁻¹)	0,00	0,10	37,47
Cu (mg kg ⁻¹)	n.d.	n.d.	25,89
Fe (mg kg ⁻¹)	1,38	3,60	18215,03
Mn (mg kg ⁻¹)	0,01	11,49	419,26
Mo (mg kg ⁻¹)	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (mg kg ⁻¹)	0,17	0,09	16,28
Pb (mg kg ⁻¹)	0,13	1,23	16,02
Zn (mg kg ⁻¹)	0,92	2,10	122,76

*: no procede; n.d.: no detectado

60

Respecto a la situación de S40 se observó un aumento en casi una unidad en el pH y un fuerte aumento de la C.E. debido al alto contenido en sales del compost. También se observó un aumento de los demás parámetros, C, M.O. y N manteniéndose la relación C/N en valores adecuados para el crecimiento de la vegetación. No se encontraron diferencias entre la relación C/N del suelo tratado con compost y el control. La parcela presentó ya en este estadio un valor de nitrógeno total superior al del suelo antes de la aplicación. Respecto a los nutrientes, se observa un aumento en la mayoría de los elementos en todas sus formas debido al aporte del compost. La mayoría de estos nutrientes aumentan su disponibilidad a excepción del Na, Mn y Pb que disminuyen su labilidad.

65

A continuación se realizó la siembra y un seguimiento visual de la evolución de las parcelas. El suelo seguía siendo apto para recibir compost con presencia de lodos de depuradora, según la legislación que regula los niveles de metales pesados admisibles en lodos y en los suelos en los que se aplican (R.D. 1310/1990).

5 Al cabo de 7 meses, y tras un período con una climatología muy favorable para el crecimiento de la vegetación, se observó un consecuente crecimiento exuberante en las parcelas de ensayo. La biomasa fresca obtenida tras este segundo corte se fue almacenando en tinas de gran capacidad para su posterior pesado en fresco, tomándose posteriormente submuestras de cada parcela para el cálculo de la biomasa seca. Al igual que en el corte anterior, a continuación se procedió a la toma de muestras de suelo para su posterior análisis en laboratorio.

10

El resultado de los análisis se muestra en la tabla XIII

TABLA XIII

15

Parámetro	S40+7	S control
pH (H ₂ O)	5,76	5,32
C.E. (μS cm ⁻¹)	115,03	76,10
Materia orgánica (%)	14,96	9,63
C total (%)	8,30	4,98
N total Kjeldahl (%)	0,42	0,24
C/N	19,76	20,66

20

25

30 Se observó la disminución de la mayoría de los parámetros estudiados respecto al análisis realizado un mes después de la aplicación del compost, tanto del pH como de la M.O., considerando C y N (Fig. 13). La C.E. mostró una disminución mucho más marcada. En la parcela sin compostar también disminuyeron todos los parámetros, probablemente debido a la absorción de nutrientes por las plantas. El pH no se vio prácticamente modificado por el crecimiento de la vegetación, si bien el suelo control presentó valores claramente inferiores en comparación con el suelo donde se añadió compost. Es decir, el aporte de compost ha supuesto el incremento de calcio y magnesio y ha ejercido un efecto enalante que se ve reflejado en el incremento del pH. En el momento del primer corte de vegetación el suelo control presentó un valor de carbono total de 5% y la parcela con aportación de compost presenta valores del 8,3%. Este hecho evidencia un aumento del contenido en carbono total en las parcelas compostadas. Un comportamiento similar se observa con el nitrógeno.

35

40 La biomasa producida en cada una de las parcelas se muestra en la Figura 14. Como se observa, se obtuvo una producción muy superior en la parcela compostada respecto a la parcela control.

Ejemplo 6

45

Ensayo del compost Tipo Primavera en invernadero

50 Se llevaron a cabo ensayos de crecimiento con petunia y tagete en maceta. Se aplicó el compost obtenido en el Ejemplo 3 sin mezclar y mezclado con turba rubia ácida con el fin de rebajar el pH y la salinidad del compost. Como control se utilizó Sustrato Premium (Pons Agropecuaria) ampliamente utilizado para enmienda en parques y jardines. En la tabla XIV se muestran las proporciones de mezcla con la turba rubia ácida.

TABLA XIV

55

Nº	Composición
1	25% Compost Primavera + 75% Turba
2	50% Compost Primavera + 50% Turba
3	75% Compost Primavera + 25% Turba
4	100% Compost Primavera
5	Control Sustrato Premium

60

65

De cada una de las mezclas se prepararon un total de 100 macetas, de 0,5 l cada una, siendo necesarios 50 l de cada uno de los sustratos y de las mezclas utilizadas en este ensayo. Se realizaron 5 bloques de 10 macetas para cada una de las mezclas distribuidas aleatoriamente sobre la mesa de ensayo, preparándose finalmente un total de 900 macetas. Previamente a la realización del mezclado y enmacetado se realizó un tamizado del compost Primavera por una malla de 2 cm. Se introdujeron las cantidades correspondientes de cada sustrato para obtener los 50 litros necesarios para el ensayo, y posteriormente se dosificó. Una vez realizadas las mezclas, se introdujeron en las macetas y se sembraron; las muestras con Tagete con una semilla en cada maceta, y en las de Petunia, 3 ó 4 semillas por maceta. En estas últimas, a medida que iban germinando las semillas se realizó una selección de las plantas más representativas para que sólo quedasen 1 ó 2 plantas por maceta. En el invernadero se siguió un ritmo de 2 riegos diarios, uno por la mañana y otro por la tarde, manteniéndose de esta forma la humedad idónea para el crecimiento de la vegetación. El ensayo duró un total de 78 días, abarcando un ciclo completo de floración de las especies utilizadas. Transcurrido ese tiempo se evaluaron las plantas obtenidas.

15 *Ensayo con Petunias*

Se evidenció una clara mejoría en la producción de plantas a medida que se aumentó la proporción del compost de la invención (Fig. 15). Pareció en principio sorprendente que el material que mostró peores características fuese el sustrato comercial utilizado como control, pero esta respuesta quedó confirmada porque se repitió de manera sistemática. Esto indica es que el compost de la invención es claramente mejor a dicho sustrato comercial. Todos los parámetros medidos (altura, número de flores por planta, peso fresco y peso seco) mostraron los peores resultados con el Sustrato Premium, y los mejores se obtuvieron con el compost sin mezclar (Fig. 16). Sin embargo, se observó una disminución en la altura y en el número de flores en la mezcla 2 (50% compost) con respecto a la mezcla 1 (25% compost), que no se corresponde con los datos de los pesos. Esto fue debido a que las plantas de la mezcla 2 compensaron esa disminución de altura y número de flores con un mayor desarrollo del número y tamaño de las hojas, respecto a los demás sustratos.

30 *Ensayo con Tagetes erecta*

Al igual que en el ensayo realizado con petunia, se observó que el menor crecimiento es el mostrado por el sustrato comercial de control (Fig. 17). A su vez se evidencia un crecimiento más vigoroso a medida que aumenta la proporción de compost en la mezcla. Todos los parámetros mostraron un aumento proporcional al incremento en el porcentaje de compost en la mezcla, obteniéndose los mejores resultados para el sustrato formado por un 100% de compost (Fig. 18). En este caso, no se muestra un menor crecimiento en altura ni formación de inflorescencias en la mezcla 2 (50% compost), sino que sigue la tendencia de que a mayor proporción de compost mejores resultados en todos los aspectos.

40 Ejemplo 7

Ensayo del compost Tipo Otoño en invernadero

Se llevaron a cabo ensayos de crecimiento con petunia y tagete en maceta. Se aplicó el compost obtenido en el Ejemplo 1 sin mezclar y mezclado con turba rubia ácida con el fin de rebajar el pH y la salinidad del compost. Como control se utilizó Sustrato Premium (Pons agropecuaria) ampliamente utilizado para la enmienda de parques y jardines. En la tabla XV se muestran las proporciones de mezcla con la turba rubia ácida.

TABLA XV

Nº	Composición
5	Control sustrato comercial
6	25% Compost Otoño + 75% Turba
7	50% Compost Otoño + 50% Turba
8	75% Compost Otoño + 25% Turba
9	100% Compost Otoño

De cada una de las mezclas se prepararon un total de 100 macetas, de 0,5 l cada una, siendo necesarios 50 l de cada uno de los sustratos y de las mezclas utilizadas en este ensayo. Se realizaron 5 bloques de 10 macetas para cada una de las mezclas distribuidas aleatoriamente sobre la mesa de ensayo, preparándose finalmente un total de 900 macetas. Previamente a la realización del mezclado y enmacetado se realizó un tamizado del compost Primavera por una malla de 2 cm. Se introdujeron las cantidades correspondientes de cada sustrato para obtener los 50 litros necesarios para el

ensayo, y posteriormente se dosificó. Una vez realizadas las mezclas, se introdujeron en las macetas y se sembraron; las muestras con Tagete con una semilla en cada maceta, y en las de Petunia, 3 ó 4 semillas por maceta. En estas últimas, a medida que iban germinando las semillas se realizó una selección de las plantas más representativas para que sólo quedasen 1 ó 2 plantas por maceta. En el invernadero se siguió un ritmo de 2 riegos diarios, uno por la mañana y otro por la tarde, manteniéndose de esta forma la humedad idónea para el crecimiento de la vegetación. El ensayo duró un total de 78 días, abarcando un ciclo completo de floración de las especies utilizadas. Transcurrido ese tiempo se evaluaron las plantas obtenidas.

10 *Ensayo con Petunias*

Se observó de nuevo un mejor desarrollo de este tipo de plantas en cualquiera de las mezclas con compost que en el Sustrato Premium control (Fig. 19). Se observó una disminución en la altura media de las plantas y del número de flores por planta en la mezcla 7 (50% compost). En este caso, dicha disminución también es clara en los datos de peso fresco y peso seco, correspondiéndose por lo tanto con una disminución de la producción (Fig. 20).

Ensayo con Tagetes erecta

20 Se evidenció que el sustrato formado por compost 100% es la mejor opción de los sustratos estudiados (Fig. 21). Se observó que los valores más pobres son los obtenidos por el Sustrato Premium seguido de la mezcla formada por 50% compost (Fig. 22). Se evidenció en los demás casos un aumento de todos los parámetros cuantificados a medida que aumenta la proporción de compost en la mezcla.

25 **Breve descripción de las figuras**

Figura 1: Evolución del pH y potencial rédox en el compost Otoño (a) y Primavera (b).

30 Figura 2: Evolución del tamaño de las partículas (mm) en el compost Otoño (a) y Primavera (b) durante el compostaje.

Figura 3: Distribución del tamaño de partículas en el compost Otoño (a) y Primavera (b) al finalizar el compostaje.

35 Figura 4: Evolución del peso en el compost Otoño (a) y Primavera (b) durante el compostaje.

Figura 5: Evolución del C, N, C/N y M.O. en el compost Otoño (a) y Primavera (b).

40 Figura 6: Evolución de la C.E. en el compost Otoño (a) y Primavera (b).

Figura 7: Evolución de las concentraciones de amonio y nitratos en el compost Otoño (a) y Primavera (b).

45 Figura 8: Evolución de las concentraciones de los ácidos húmicos y fúlvicos en el compost Otoño (a) y Primavera (b).

Figura 9: Evolución de elementos extraíbles en agua en cuatro gráficas (a) y de elementos extraídos con acetato amónico 1 M a pH 7 en cuatro gráficas (b), para la regeneración del suelo con compost Otoño.

50 Figura 10: Evolución GE y Nr (a) y evolución de la fitotoxicidad en Lactuca (b) de la pila de compost Otoño.

Figura 11: Evolución de elementos extraíbles en agua en cuatro gráficas (a) y de elementos extraídos en acetato amónico en cuatro gráficas (b), para la regeneración del suelo con compost Primavera.

55 Figura 12: Evolución GE y Nr (a) y evolución de la fitotoxicidad en Lactuca (b) de la pila de compost Primavera.

Figura 13: Evolución del pH (a) y la M.O. (b) en las parcelas estudiadas con aplicación del compost Otoño.

60 Figura 14: Biomasa producida en el 1º corte, 2º corte y total en las parcelas estudiadas con aplicación del compost Otoño.

Figura 15: Desarrollo de las plantas de petunia al final del ensayo sobre los distintos sustratos utilizados con compost Primavera.

65 Figura 16: Diferencias en altura, nº de flores, peso fresco y peso seco de las petunias sobre los distintos sustratos utilizados con compost Primavera.

Figura 17: Desarrollo de las plantas de Tagete al final del ensayo sobre los distintos sustratos utilizados con compost Primavera.

Figura 18: Diferencias en altura, nº de flores, peso fresco y peso seco del Tagete sobre los distintos sustratos utilizados con compost Primavera.

5 Figura 19: Desarrollo de las plantas de petunia al final del ensayo sobre los distintos sustratos utilizados con compost Otoño.

Figura 20: Diferencias en altura, nº de flores, peso fresco y peso seco de las petunias sobre los distintos sustratos utilizados con compost Otoño.

10 Figura 21: Desarrollo de las plantas de Tagete al final del ensayo sobre los distintos sustratos utilizados con compost Otoño.

Figura 22: Diferencias en altura, nº de flores, peso fresco y peso seco de Tagete sobre los distintos sustratos utilizados con compost Otoño.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un compost apto como fertilizante o sustrato para crecimiento vegetal **caracterizado** porque comprende las características siguientes:

pH =	7,0 ± 0,6;
materia orgánica =	35 - 45% respecto a peso seco;
C total =	18 - 35% respecto a peso seco;
N total (Kjeldahl) =	1 - 2,5% respecto a peso seco;
C/N =	12-20;
P ₂ O ₅ =	7500 - 12000 mg kg ⁻¹ respecto a peso seco;
K ₂ O =	7000 y 12500 mg kg ⁻¹ respecto a peso seco;
CaO =	entre 17000 y 25000 mg kg ⁻¹ respecto a peso seco;
MgO =	entre 3000 y 5900 mg kg ⁻¹ respecto a peso seco.

2. Un compost según la reivindicación 1, en el que el pH está comprendido entre 6,9 y 7,6.

3. Un compost según la reivindicación 1, en el que el contenido de carbono está comprendido entre el 18 y el 30% respecto a peso seco.

4. Un compost según la reivindicación 1, en el que el contenido de nitrógeno está comprendido entre 1 y 2% expresado respecto a peso seco.

5. Un compost según la reivindicación 1, en el que la relación C/N está comprendida entre 14 y 19,9.

6. Un compost según la reivindicación 1, en el que el contenido de P₂O₅ está comprendido entre 8500 y 10600 mg kg⁻¹ respecto a peso seco.

7. Un compost según la reivindicación 1, en el que el contenido de K₂O está comprendido entre 8000 y 11900 mg kg⁻¹ respecto a peso seco.

8. Un compost según la reivindicación 1, en el que el contenido de CaO está comprendido entre 19000 y 23000 mg kg⁻¹ respecto a peso seco.

9. Un compost según la reivindicación 1, en el que el contenido de MgO está comprendido entre 3500 y 5100 mg kg⁻¹ respecto a peso seco.

10. Procedimiento de obtención de un compost según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende:

- mezcla de componentes residuales que incluyen cenizas de combustión de biomasa; y
- digestión aerobia.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado** por que dichos componentes residuales comprenden restos arbóreos y/o arbustivos triturados, lodos de EDAR, hojarasca y cenizas de combustión de biomasa.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado** por que dichos restos arbóreos y/o arbustivos están comprendidos en un porcentaje de 40% a 60%, dichos lodos de EDAR están comprendidos en un porcentaje de 5% a 20%, dichas hojarasca está comprendida en un porcentaje de 20% a 40% y dichas cenizas de combustión de biomasa están comprendidas en un porcentaje de 5% a 20%, expresados en relación a volumen inicial ocupado.

13. Procedimiento según las reivindicaciones 11 ó 12, en el que dichos lodos de EDAR están sustituidos por fracciones pastosas de purines o excretas ganaderas.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que dicha hojarasca está total o parcialmente sustituida por hierba.

15. Uso de un compost según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la fabricación de un producto apto como fertilizante o sustrato para crecimiento vegetal en invernadero.

5 16. Uso de un compost según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la fabricación de un producto apto como regenerador de zonas degradadas.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

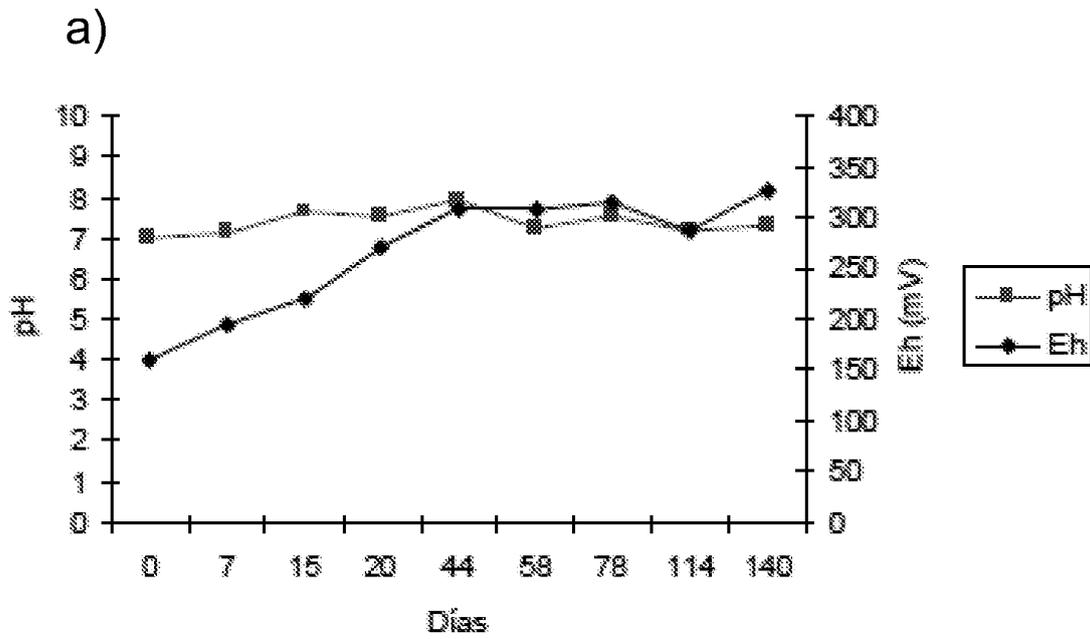
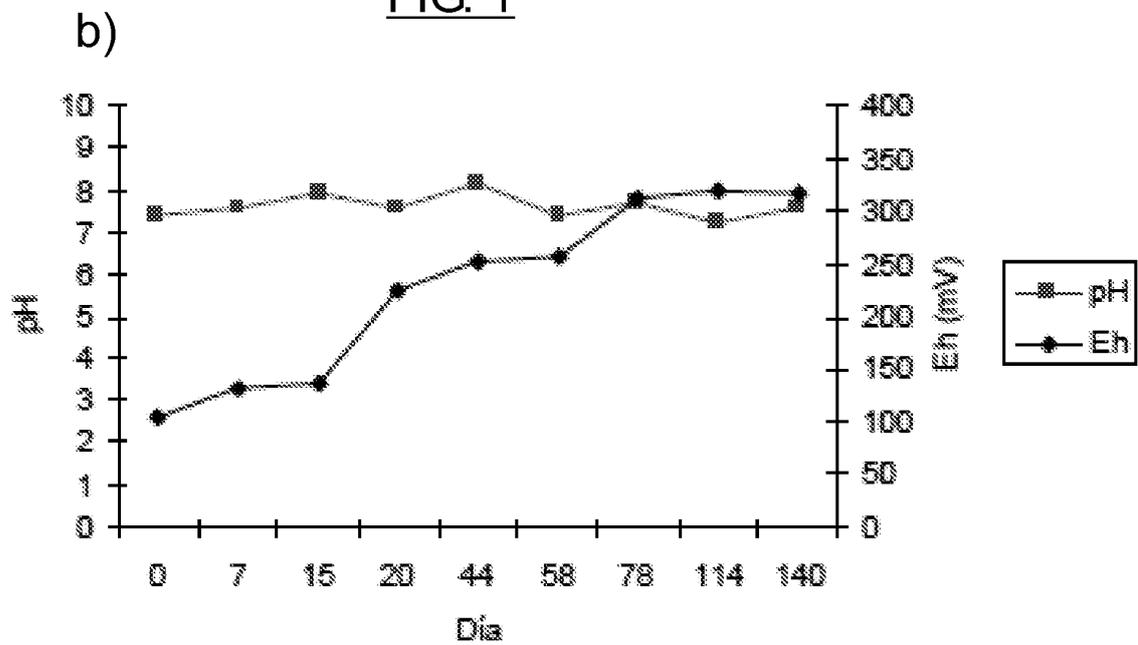


FIG. 1



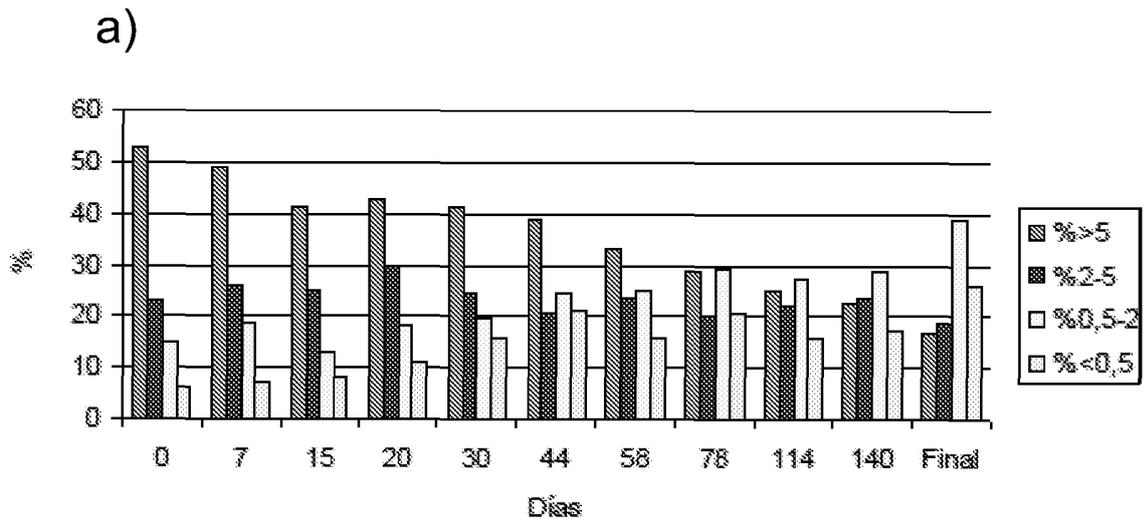
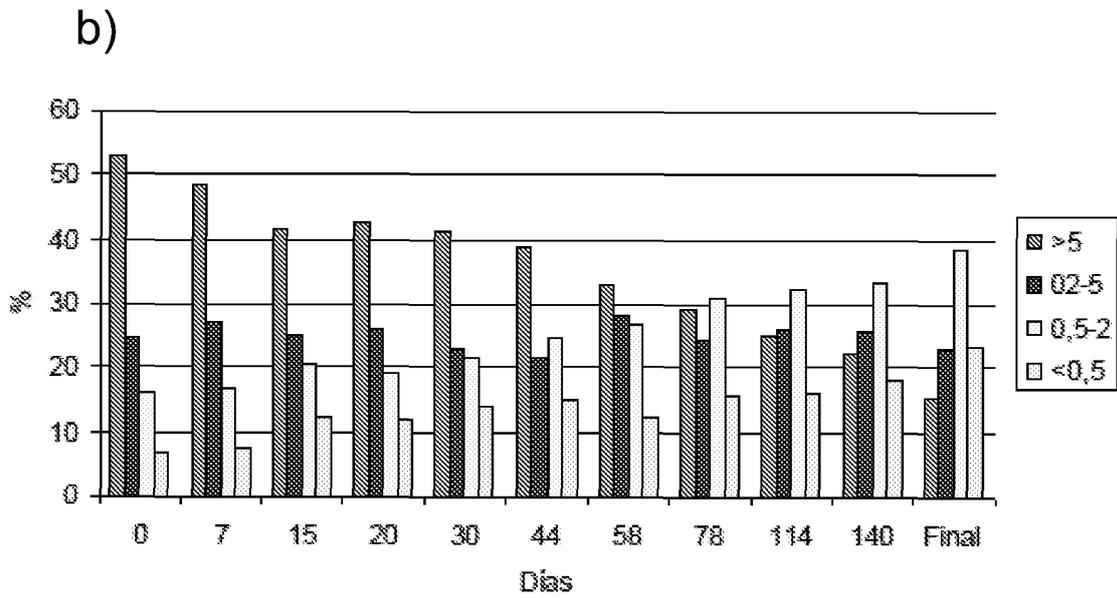


FIG. 2



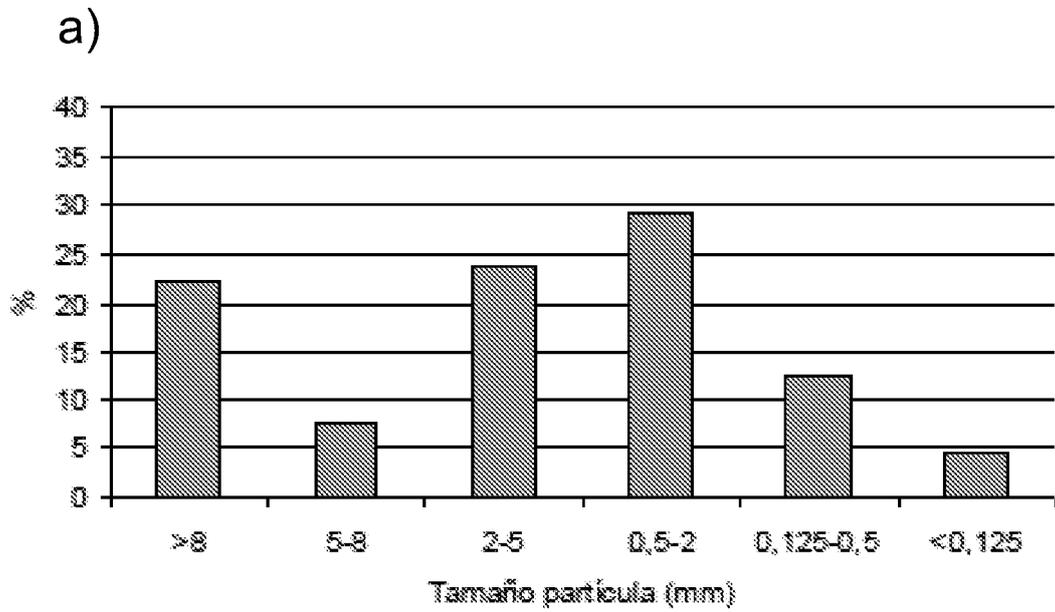
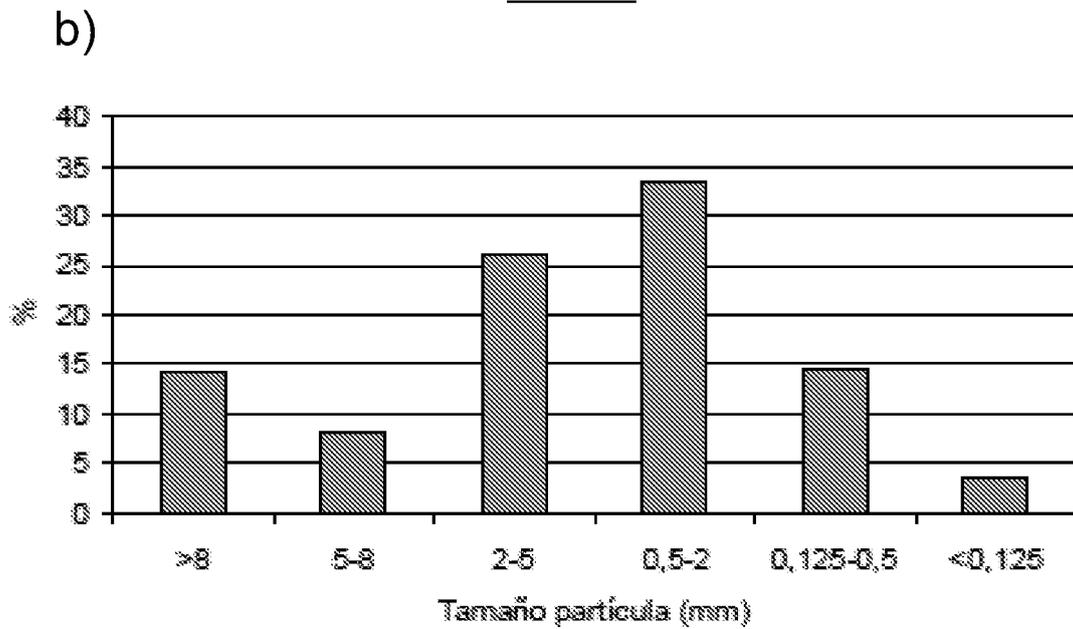


FIG. 3



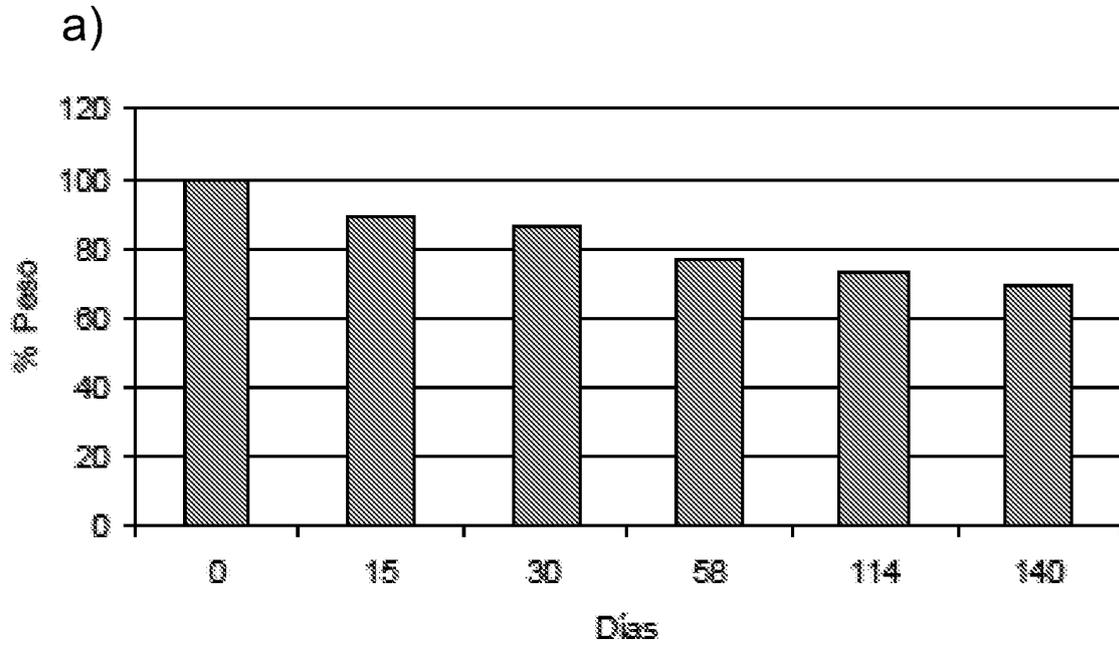
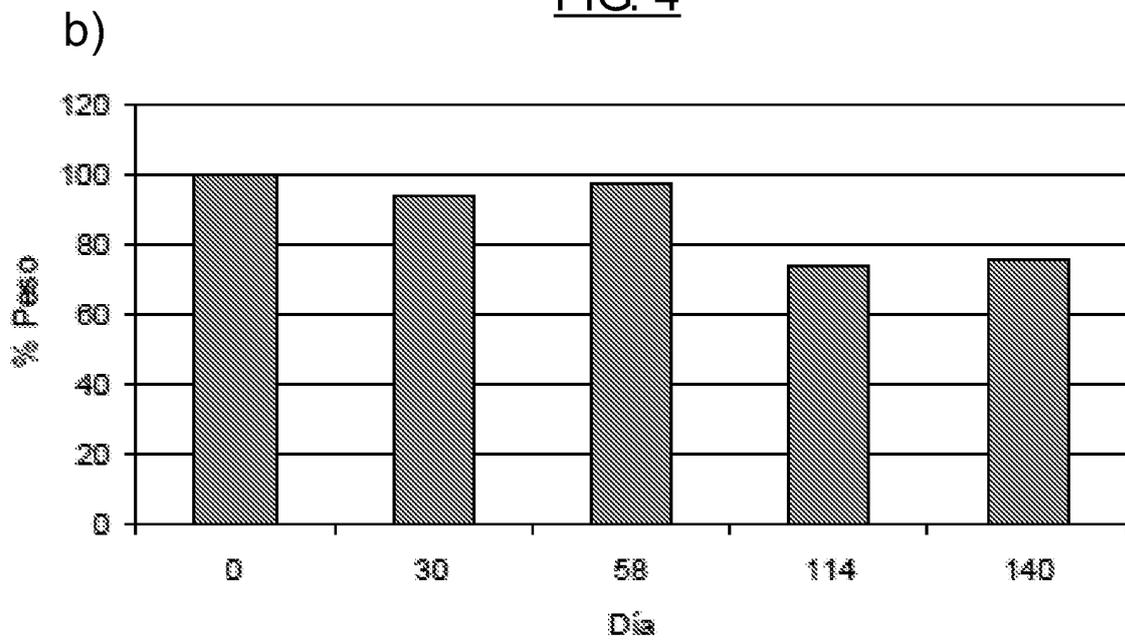
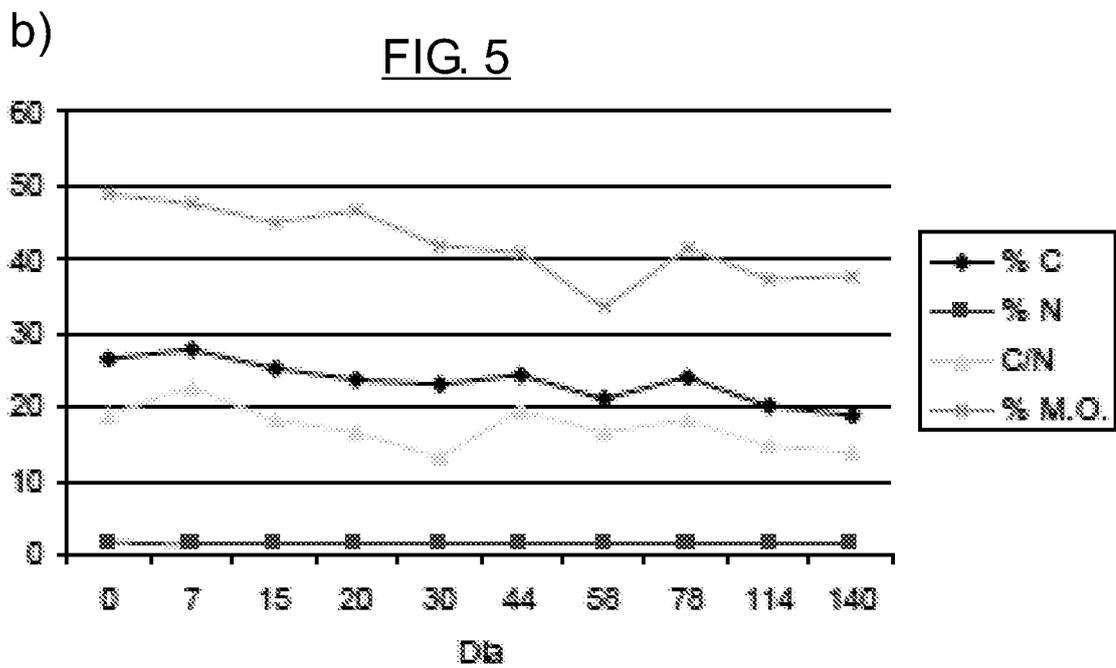
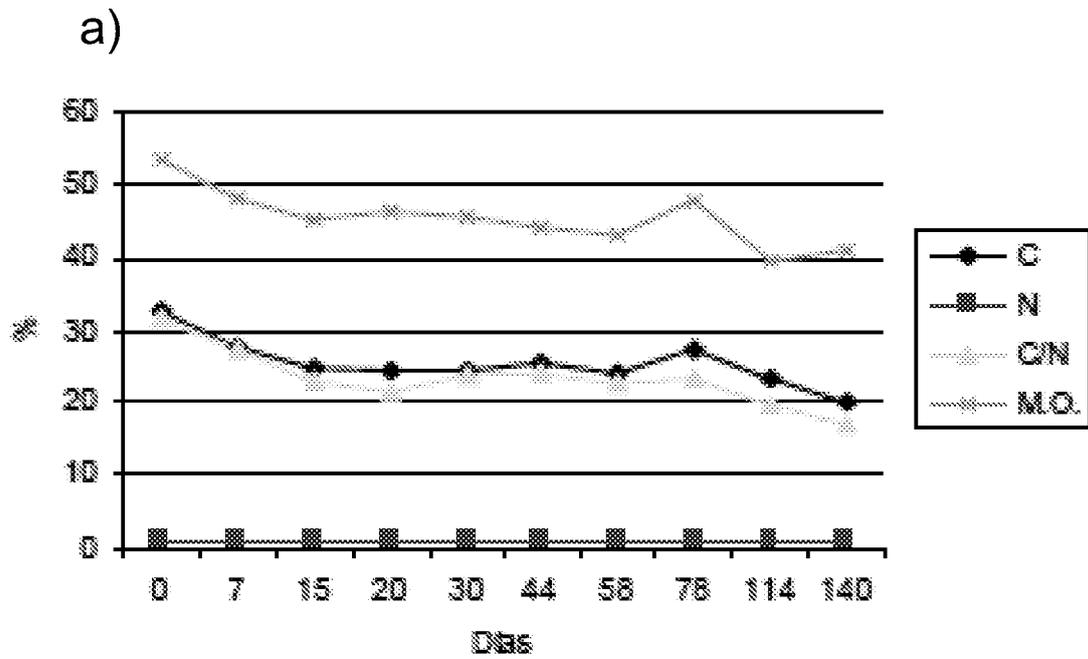


FIG. 4





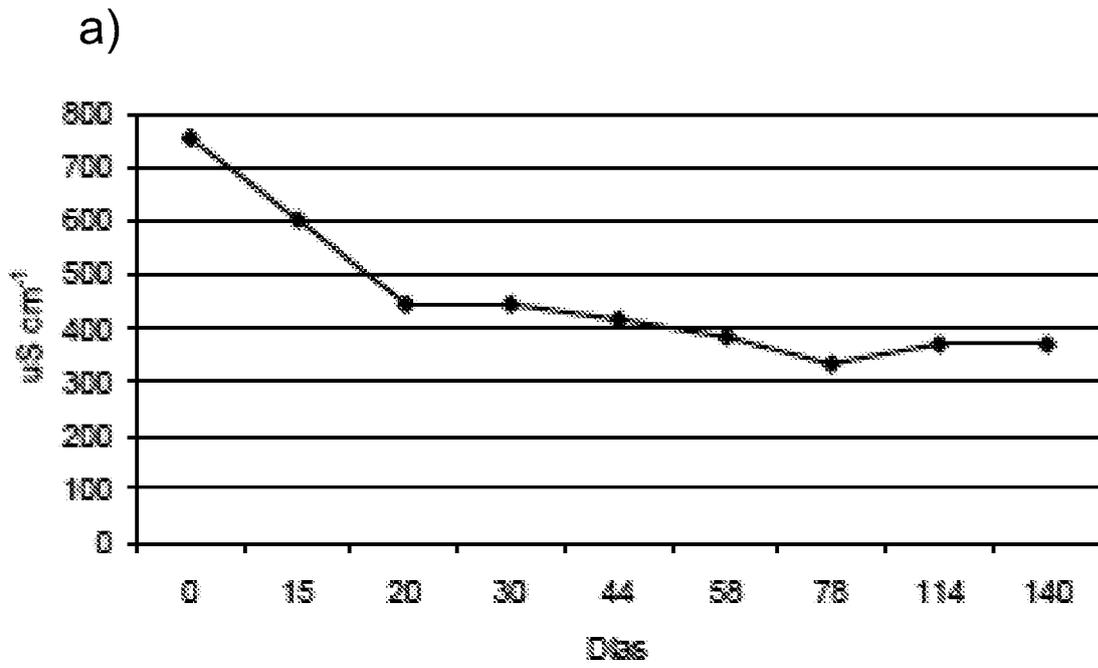
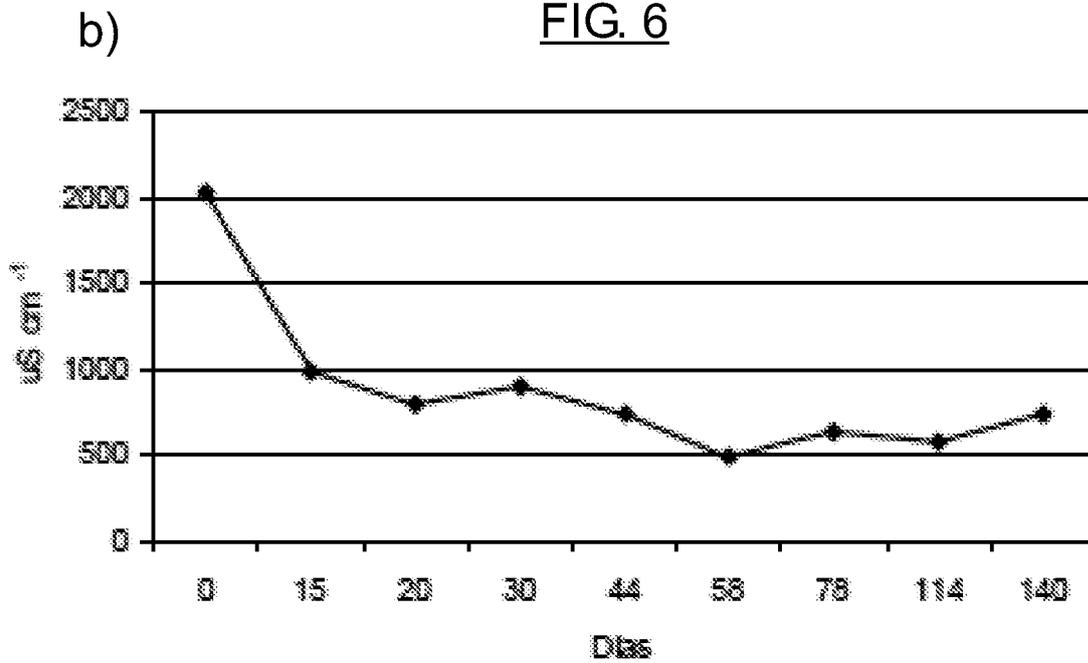


FIG. 6



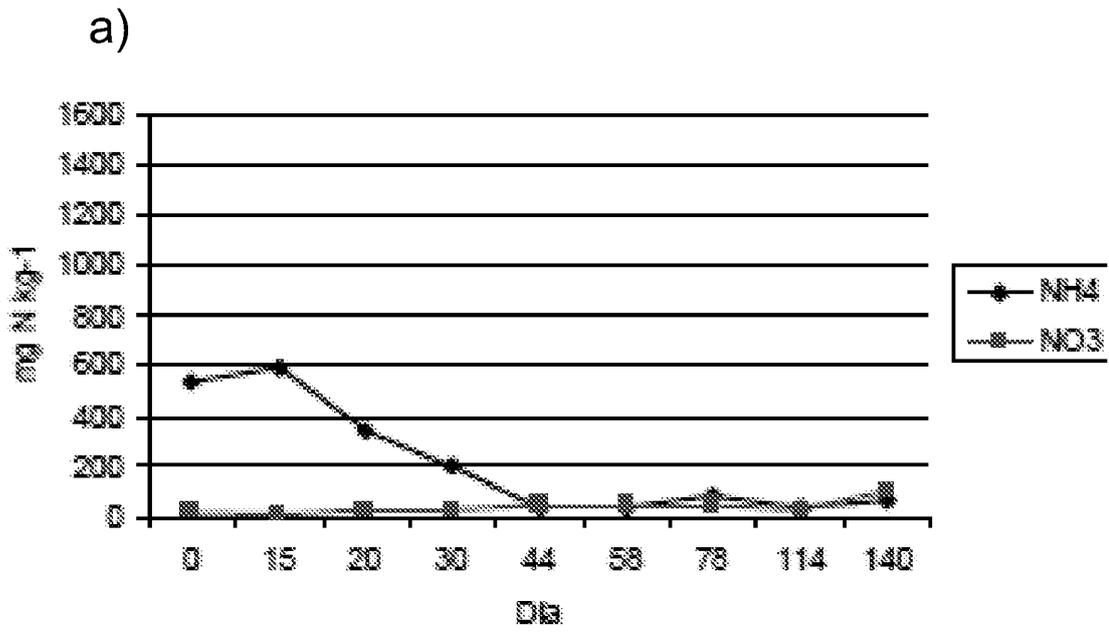
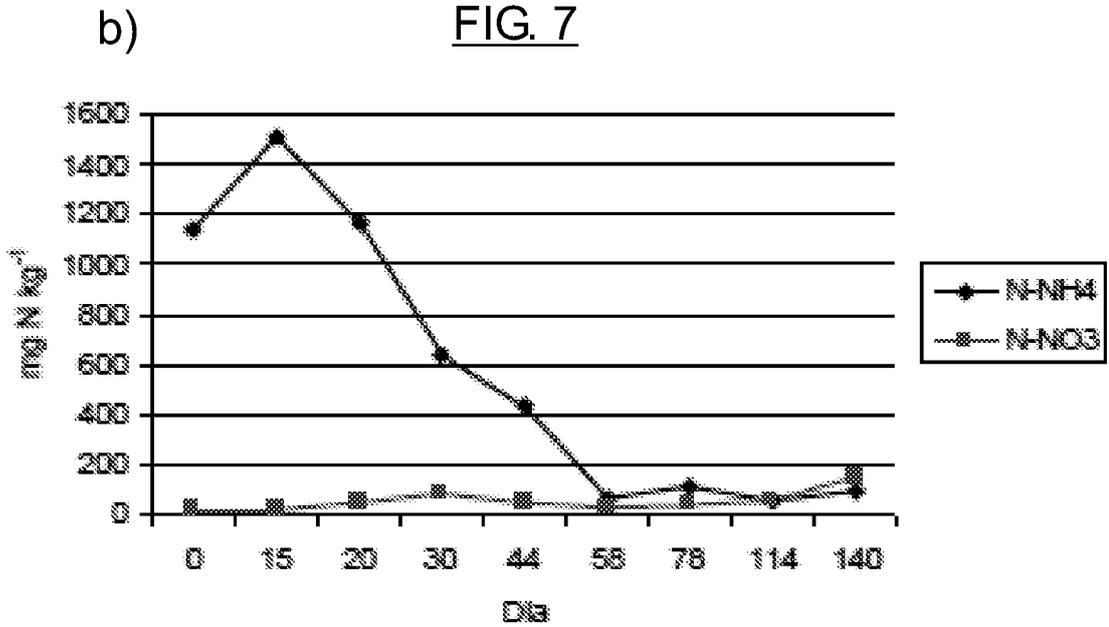


FIG. 7



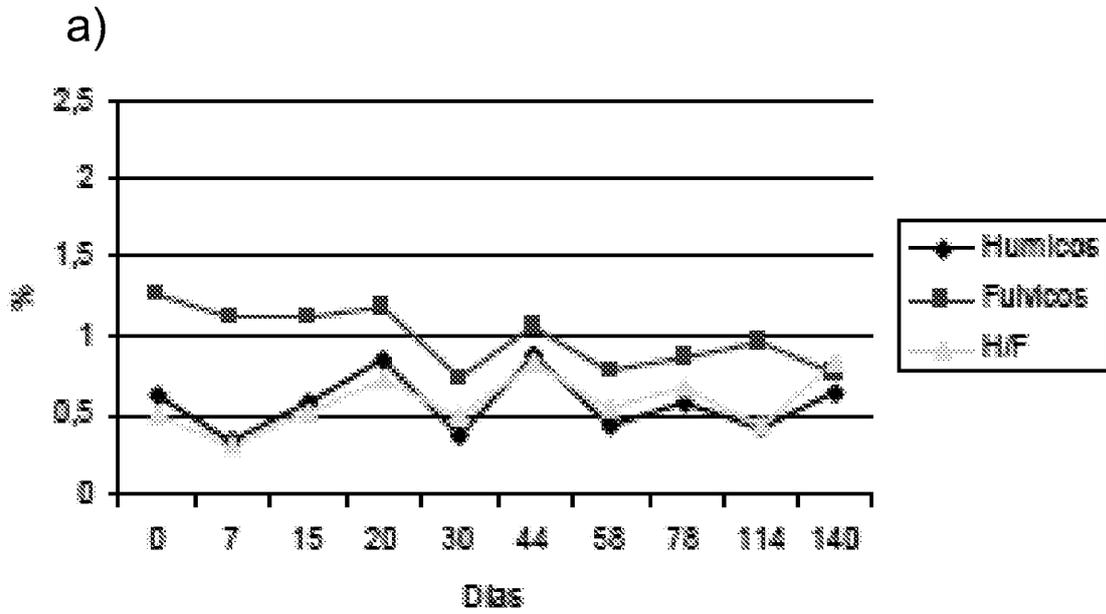
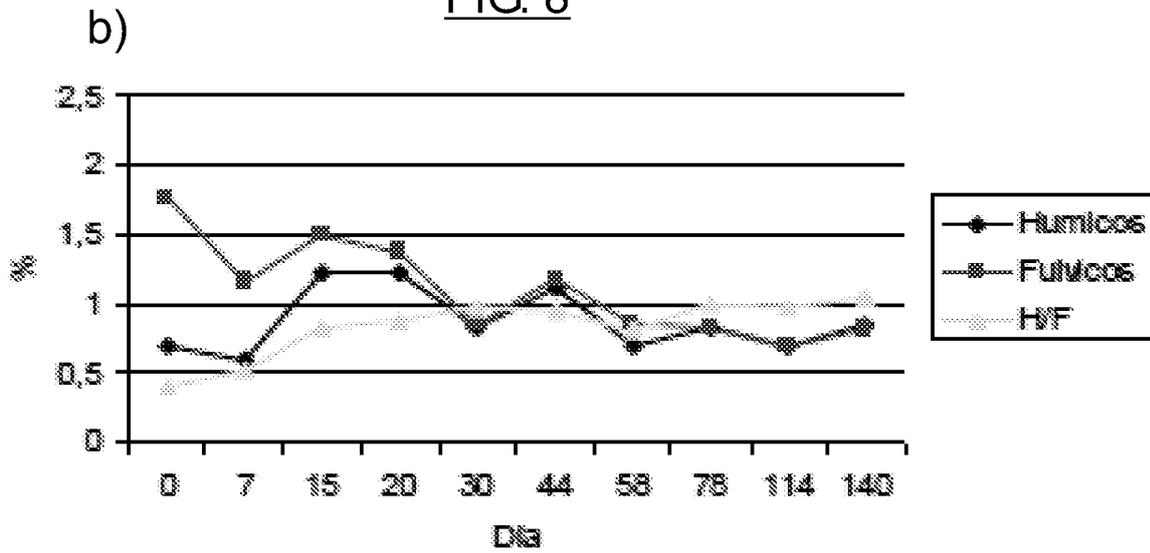


FIG. 8



a)

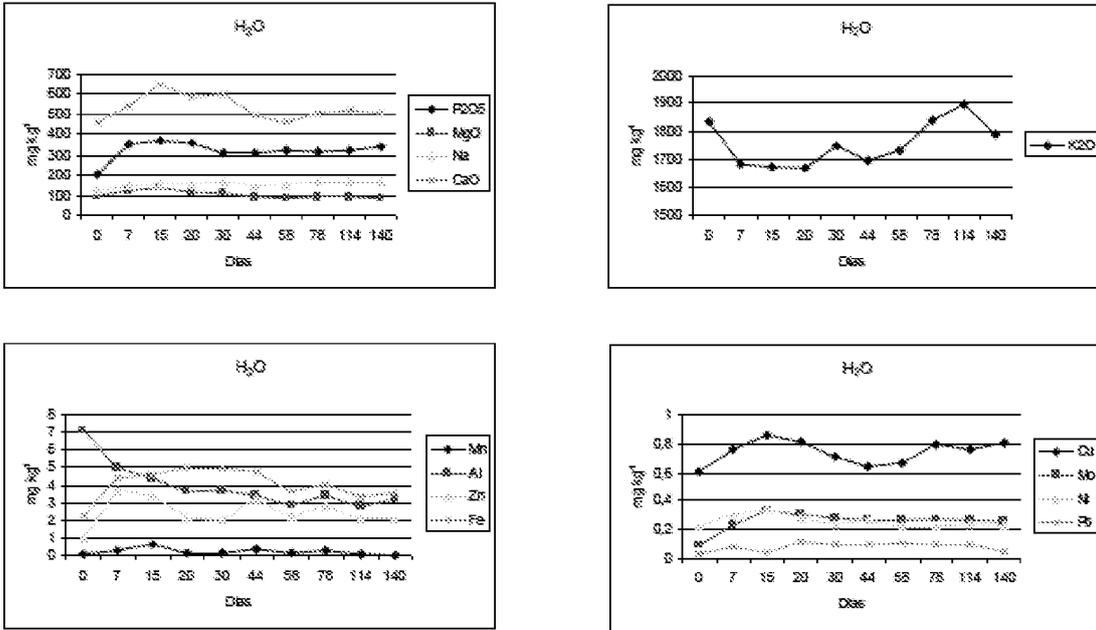
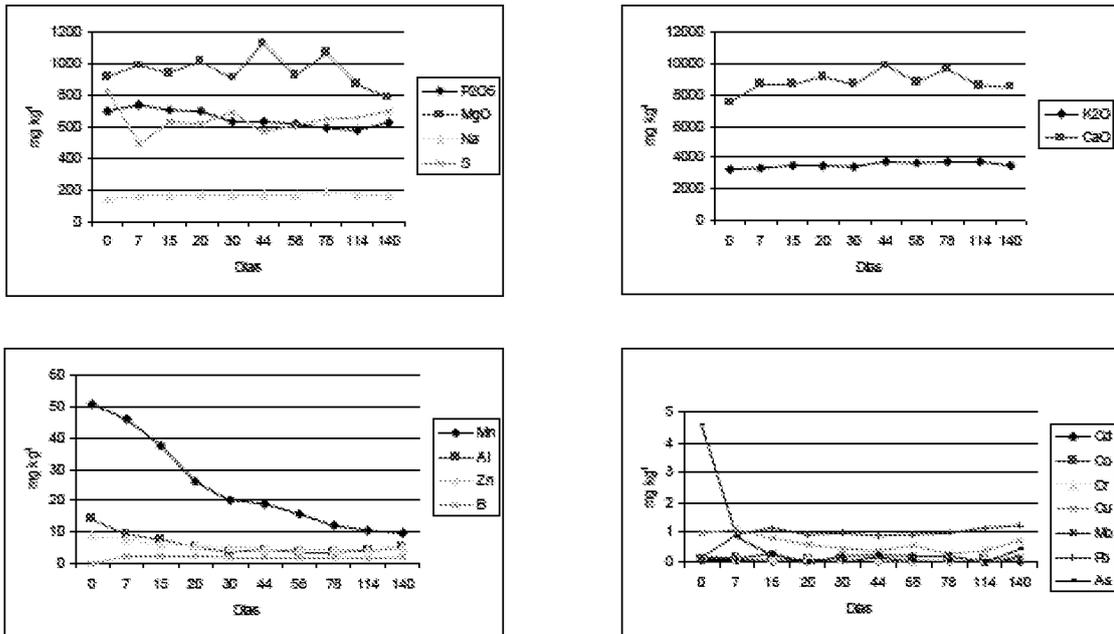


FIG. 9

b)



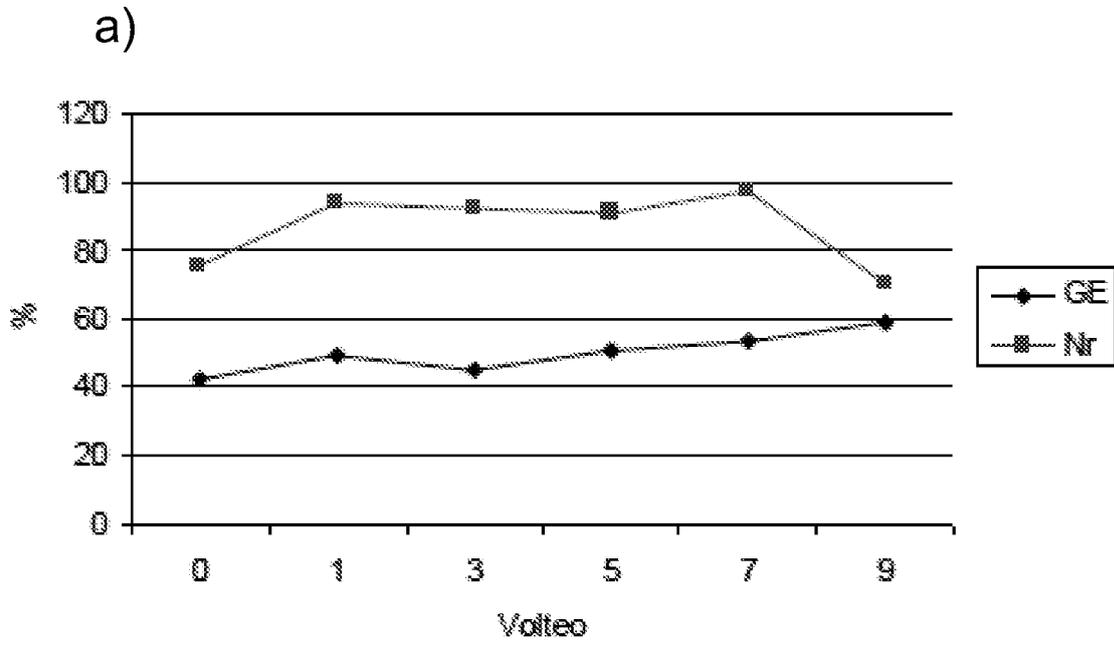
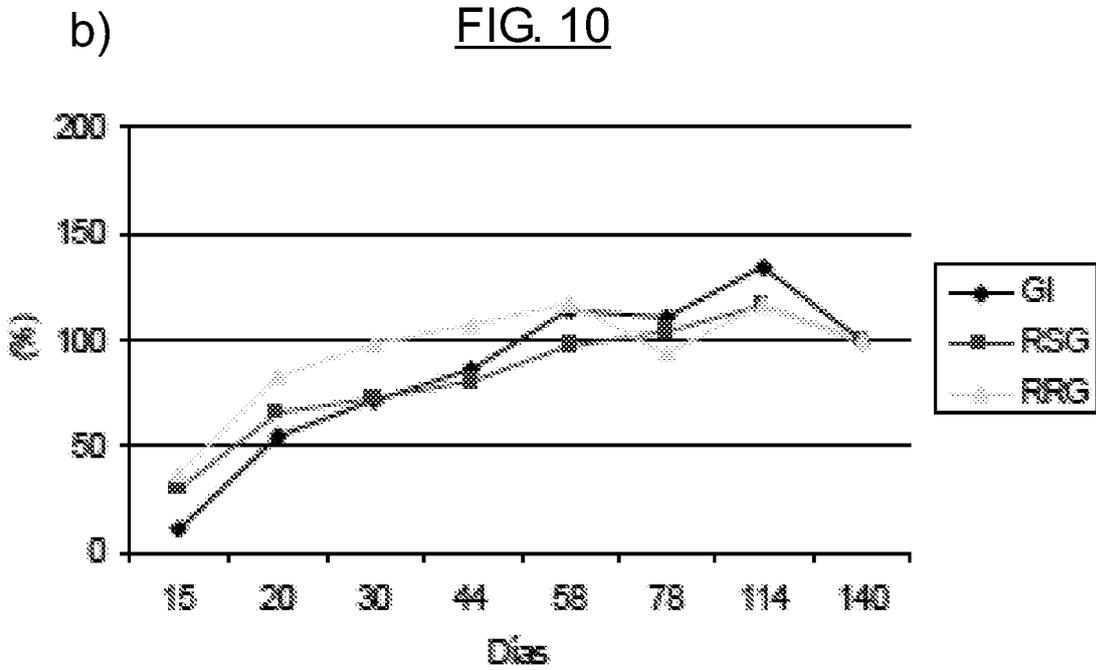


FIG. 10



a)

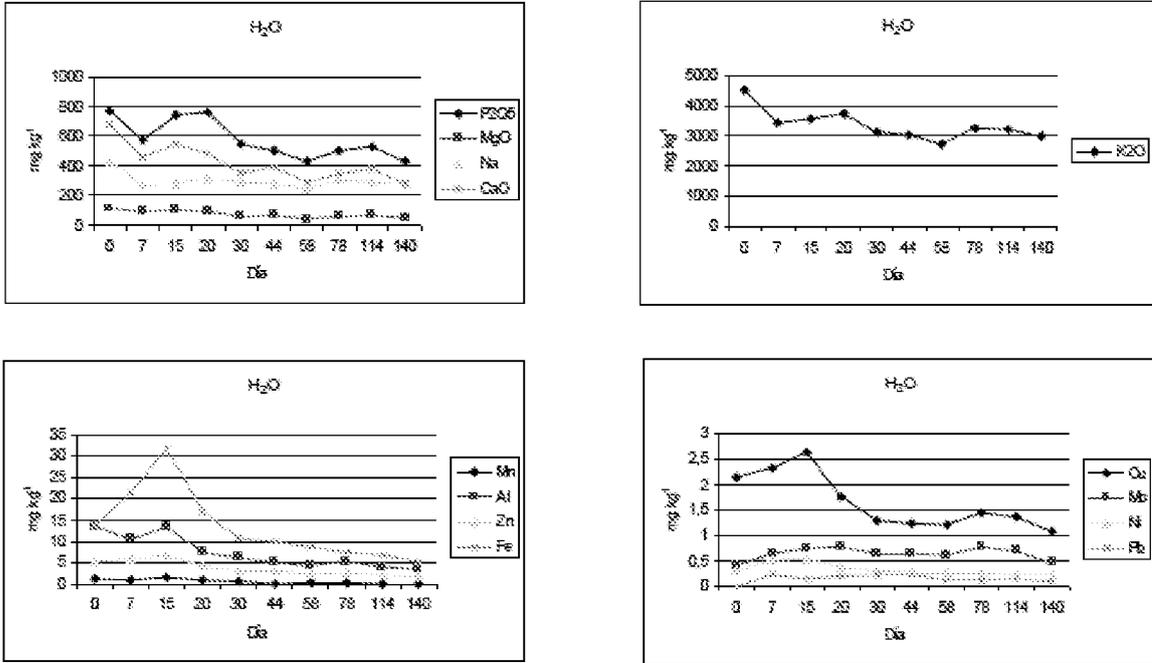
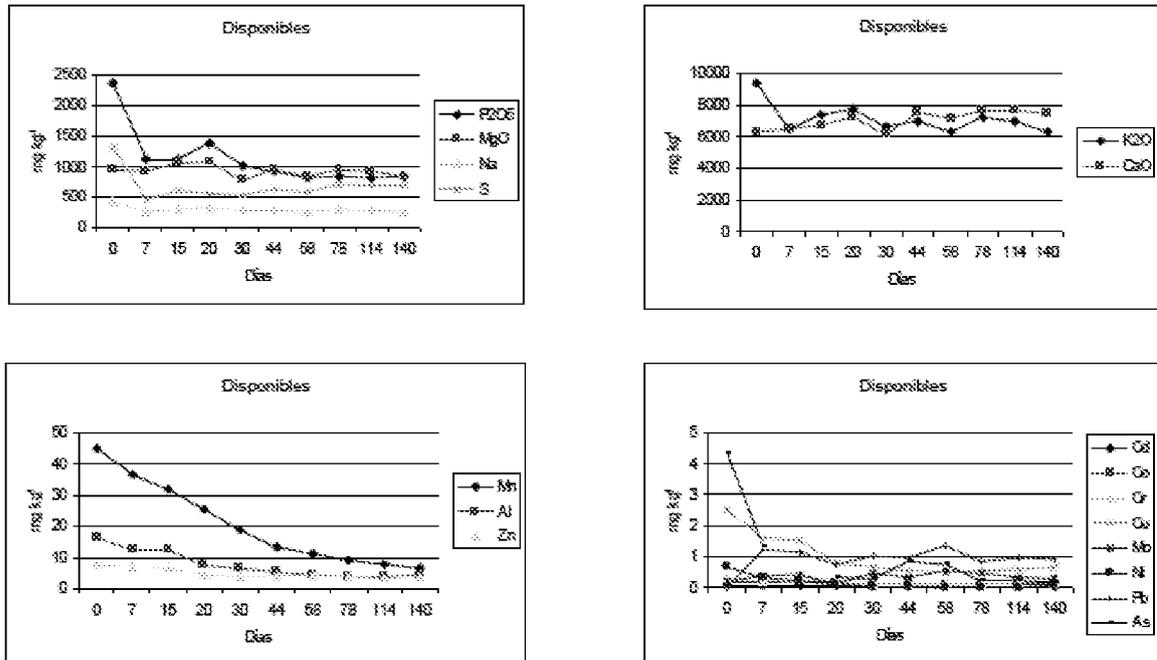


FIG. 11

b)



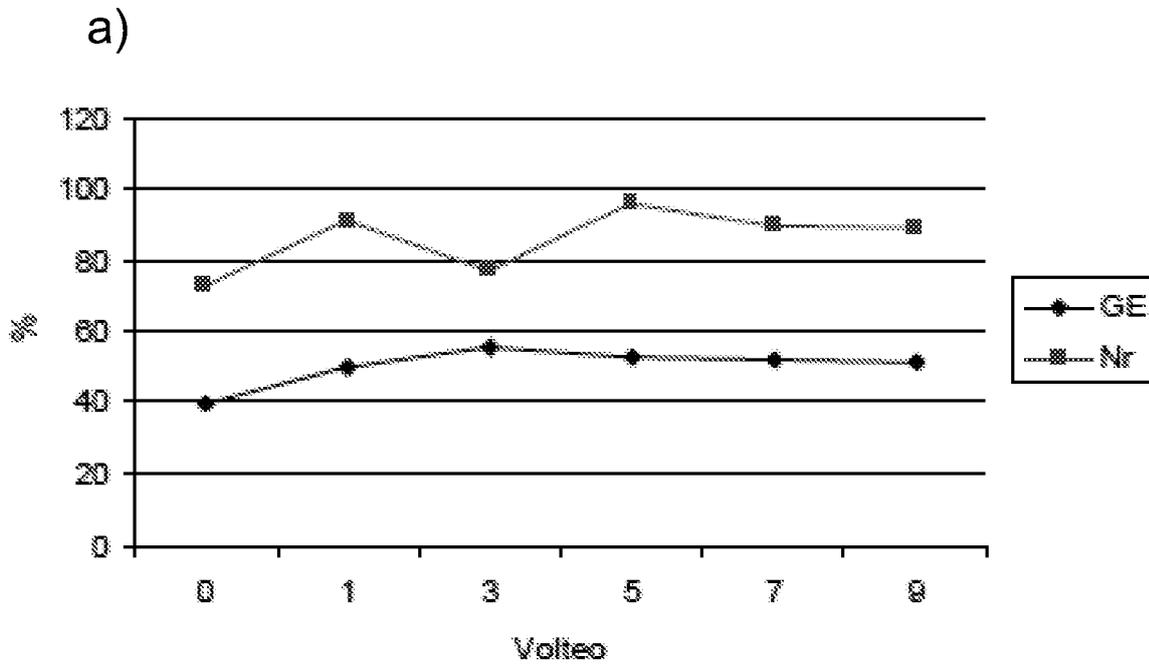
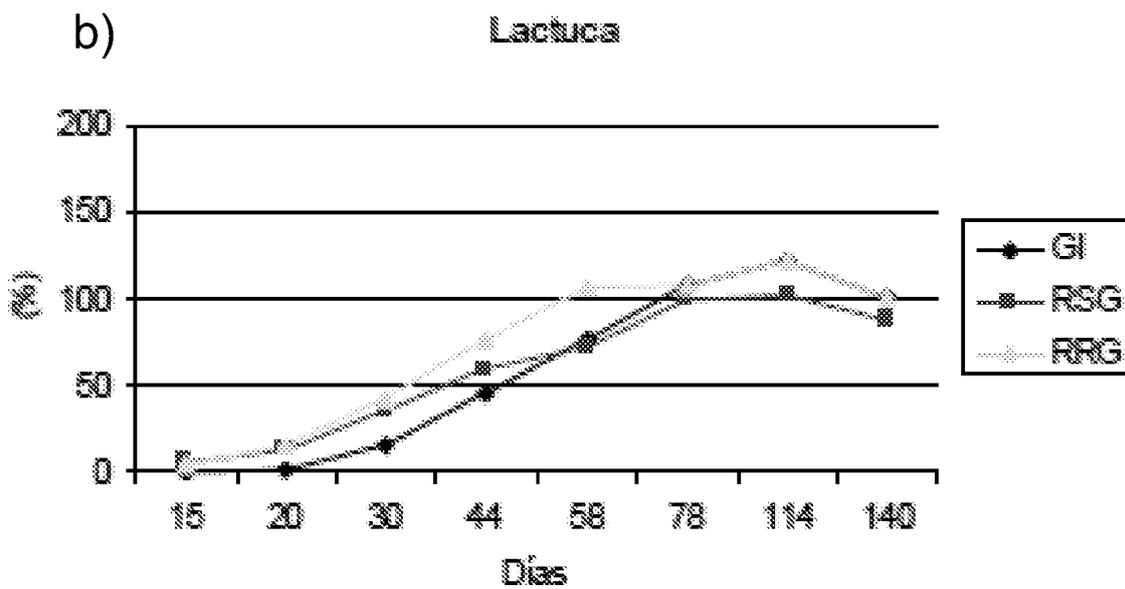


FIG. 12



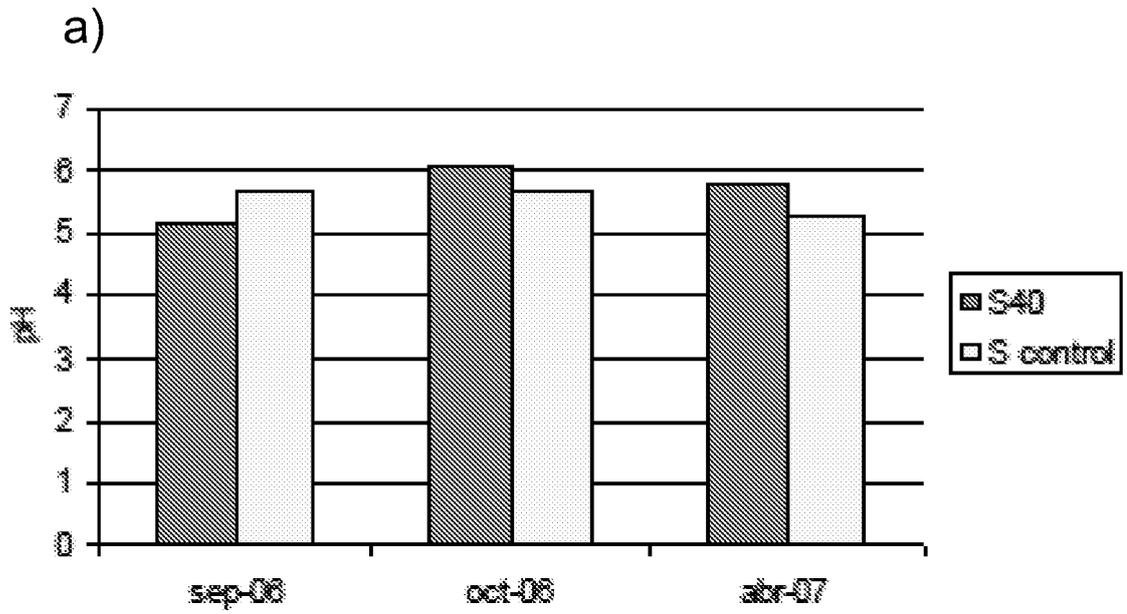
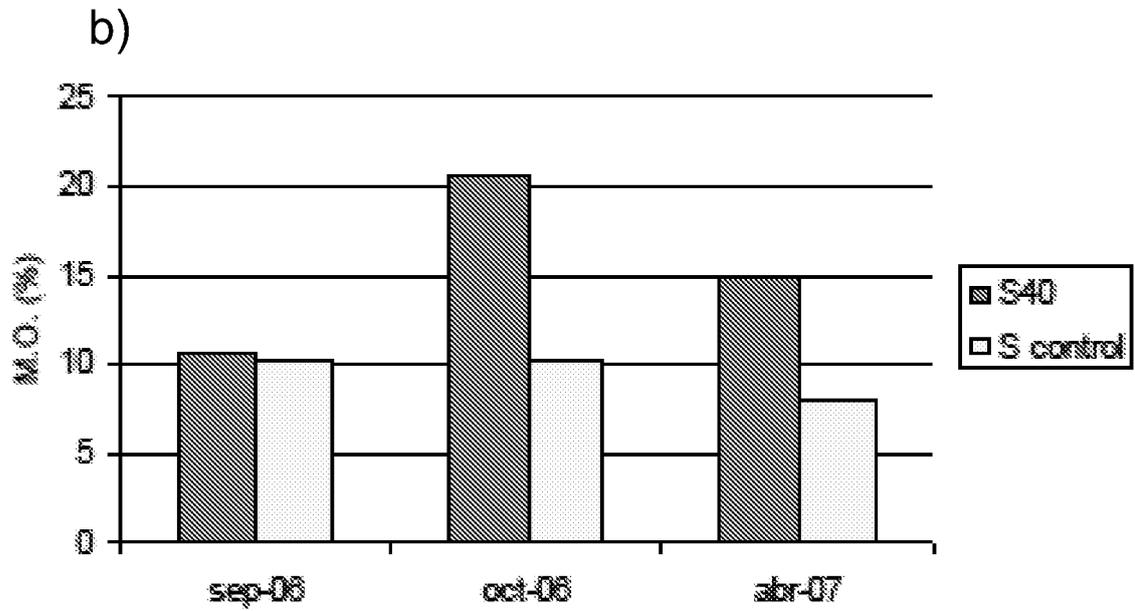


FIG. 13



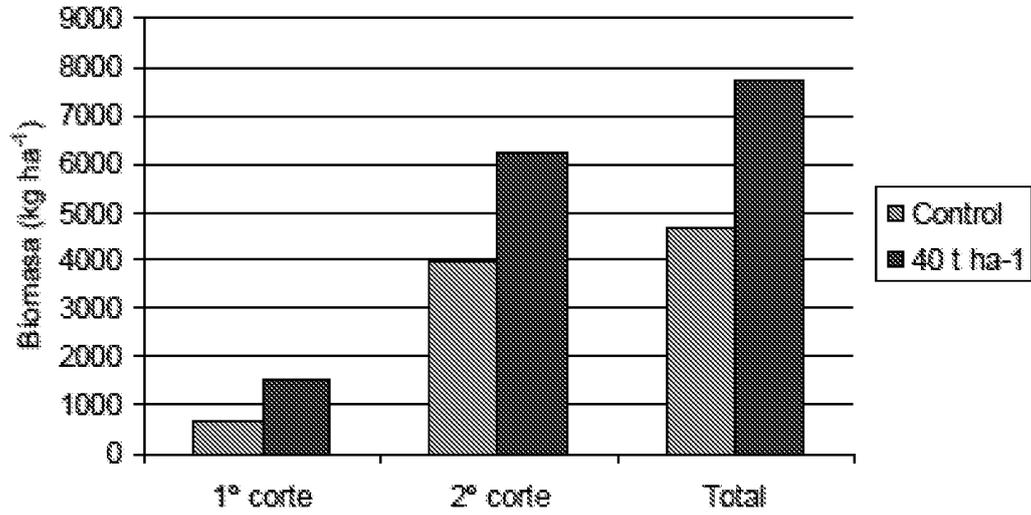


FIG. 14

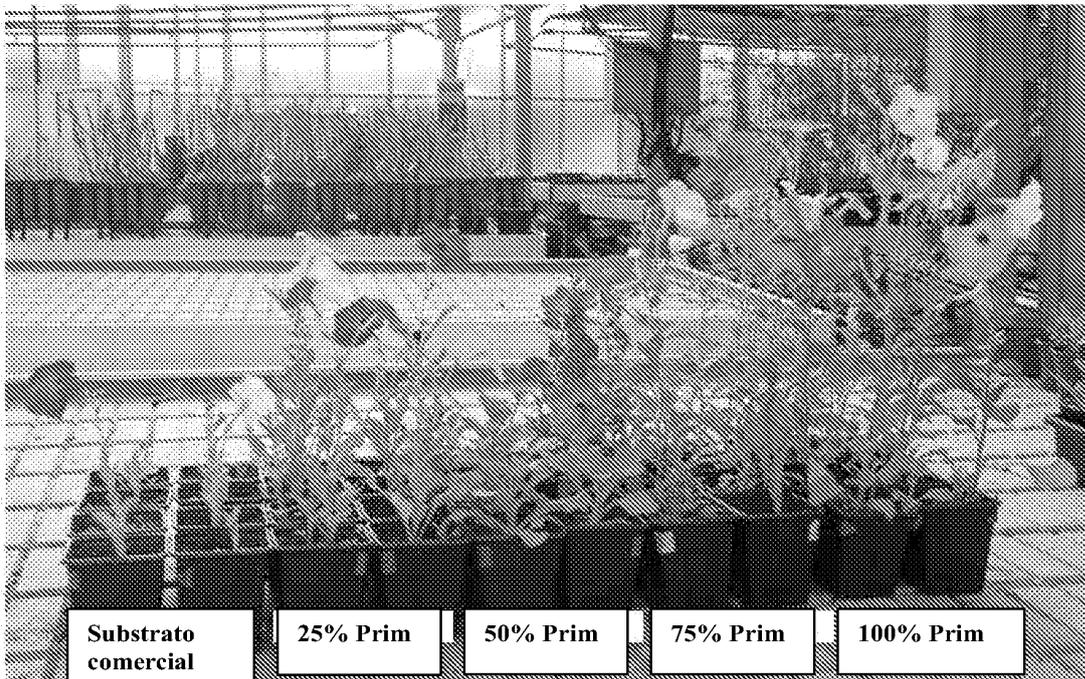


FIG. 15

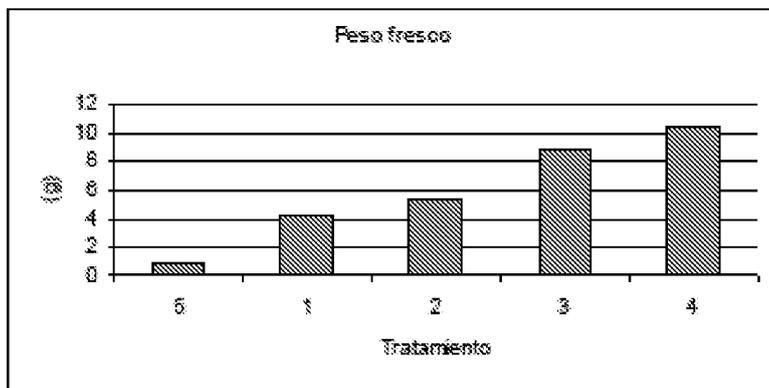
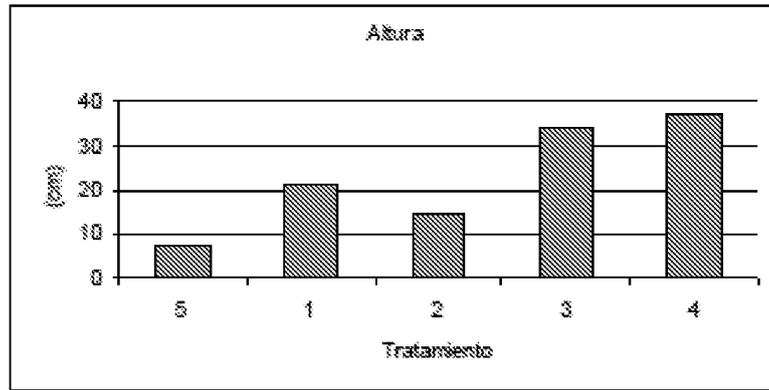
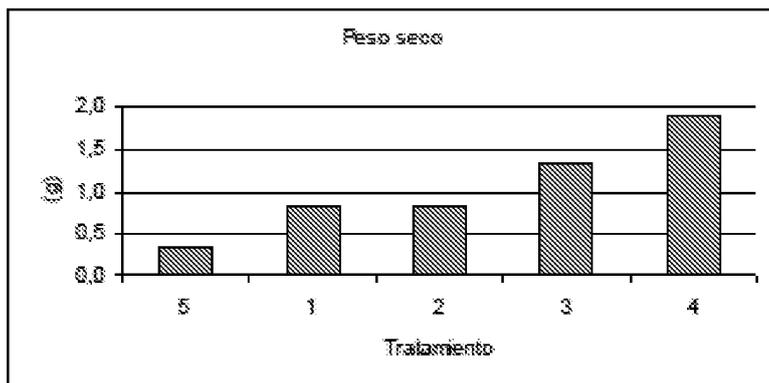
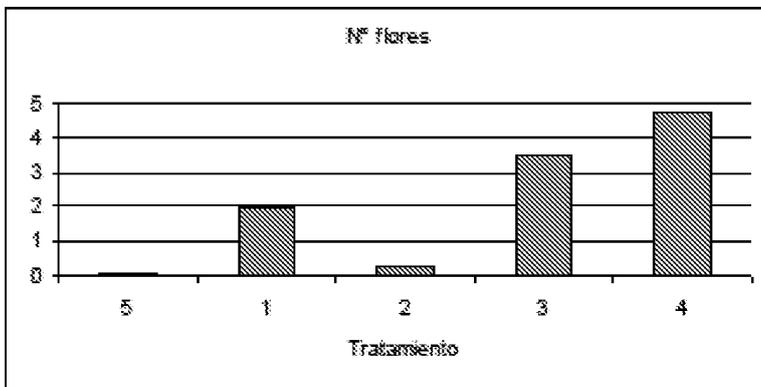


FIG. 16



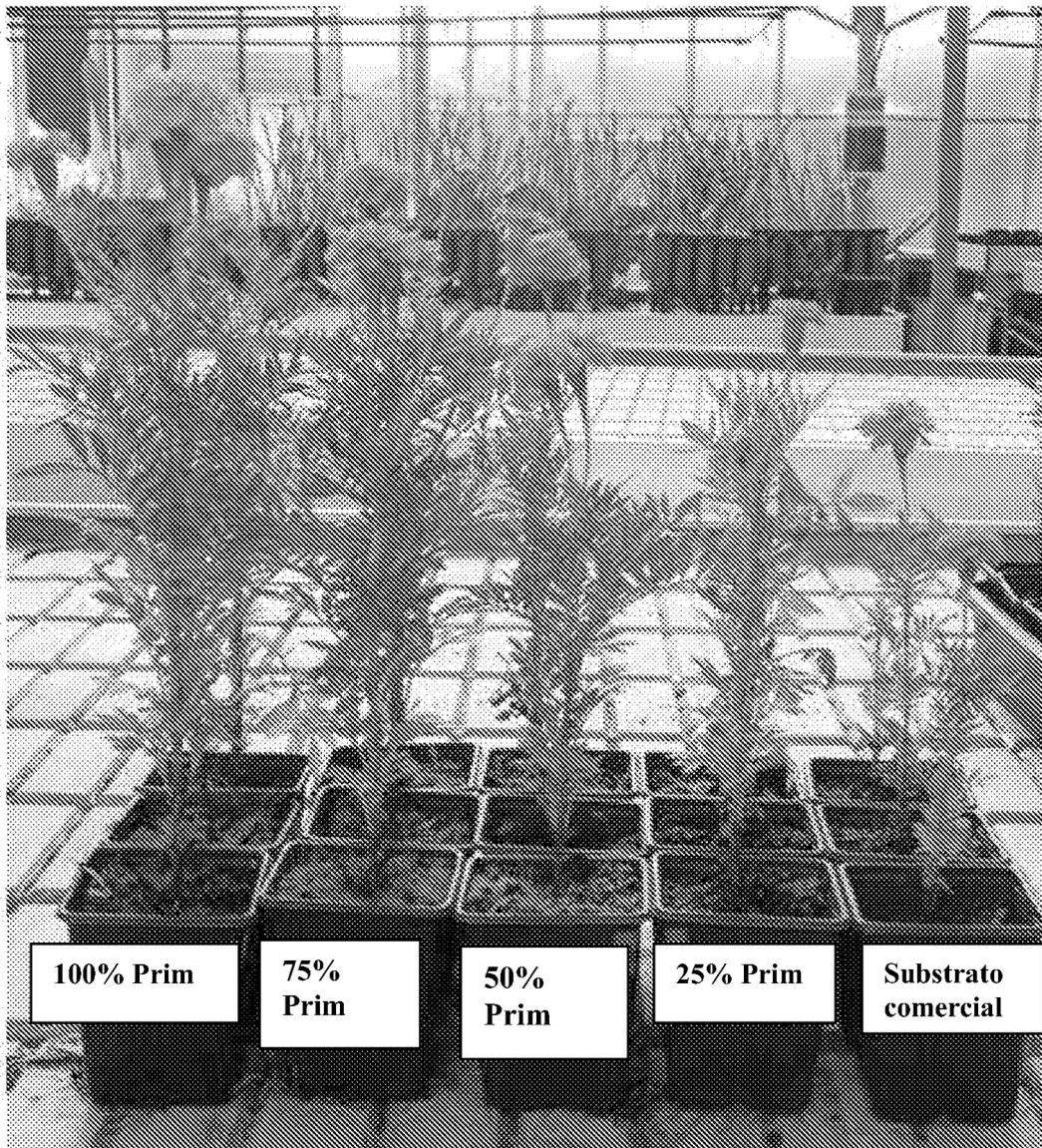


FIG. 17

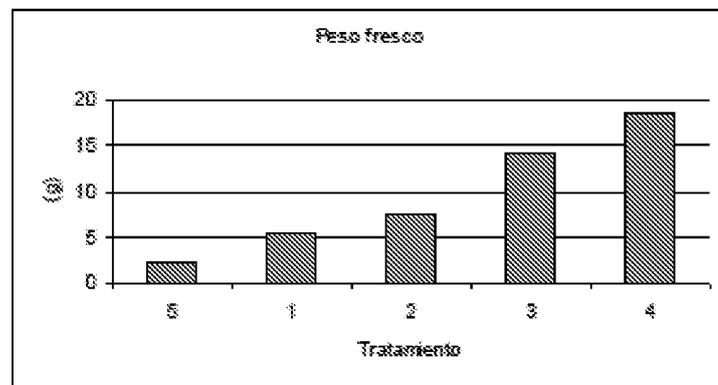
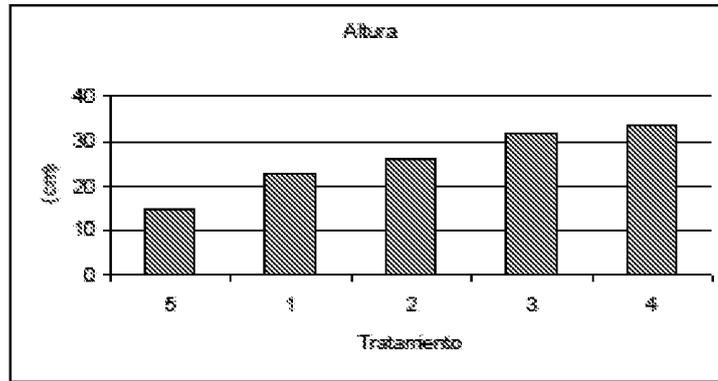
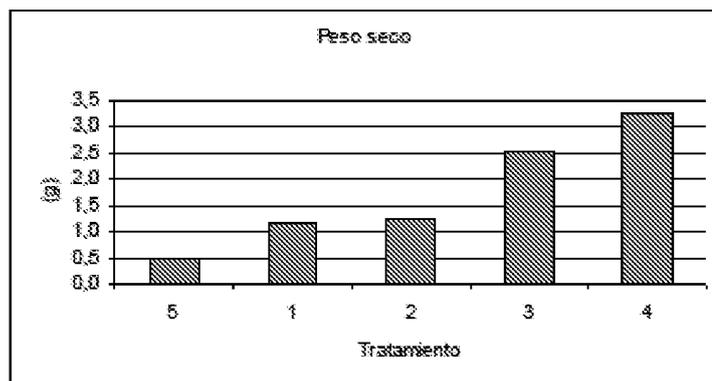
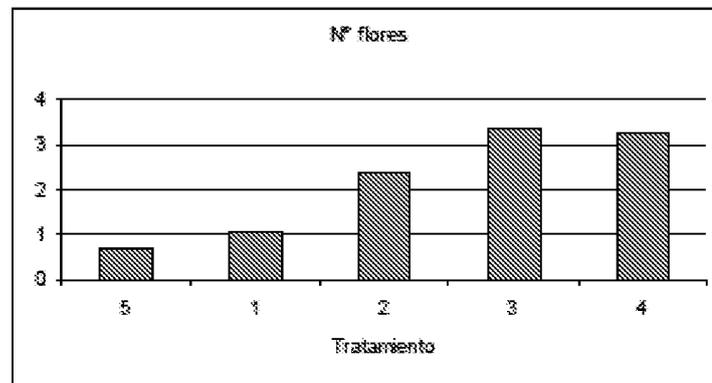


FIG. 18



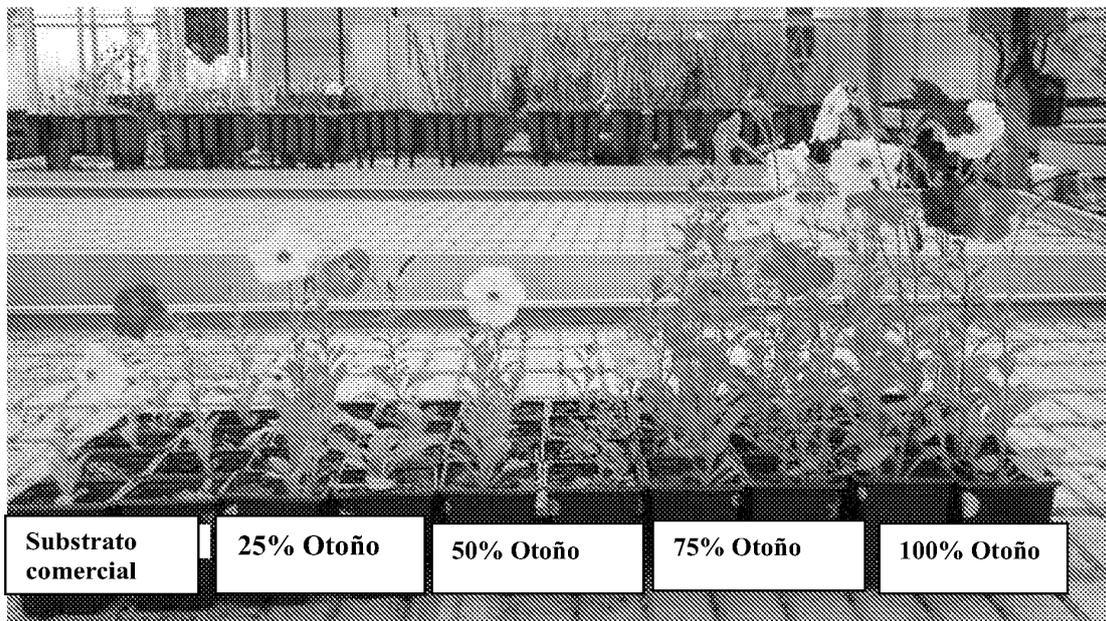


FIG. 19

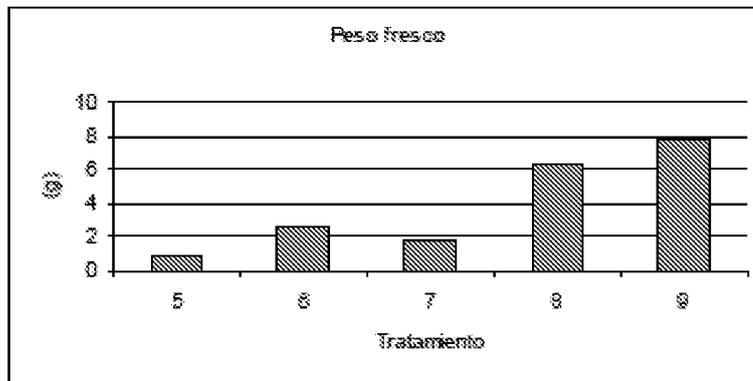
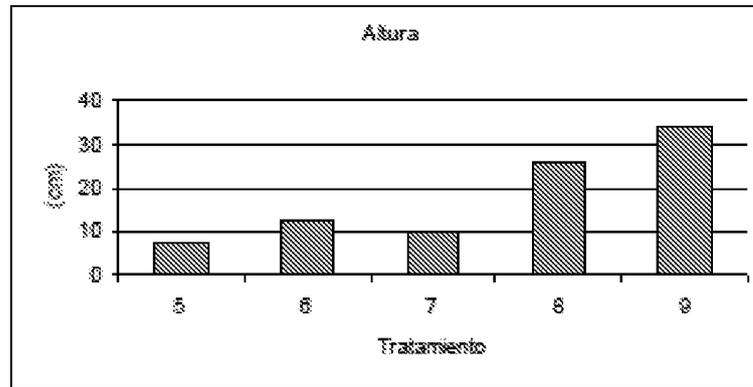
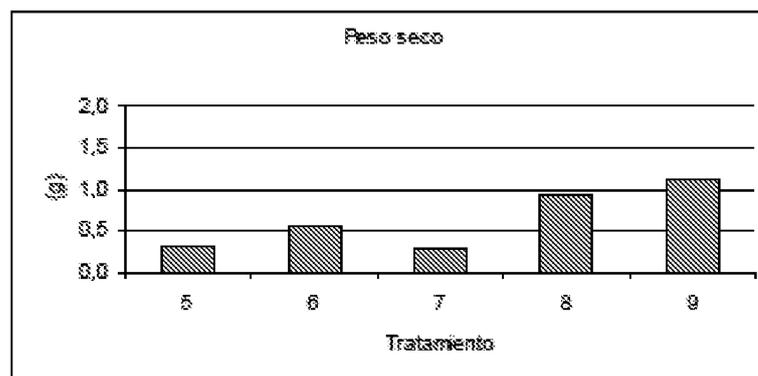
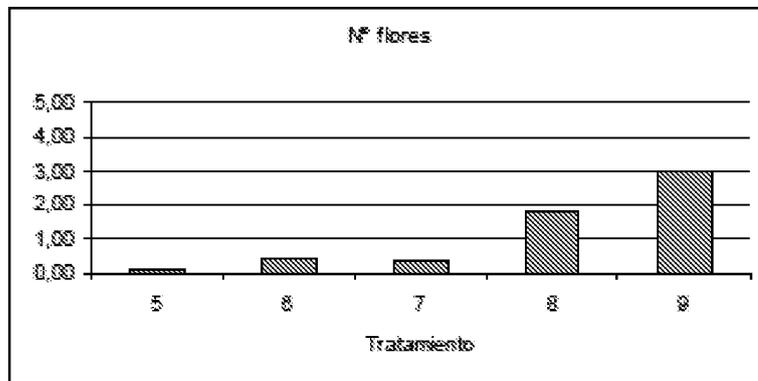


FIG. 20



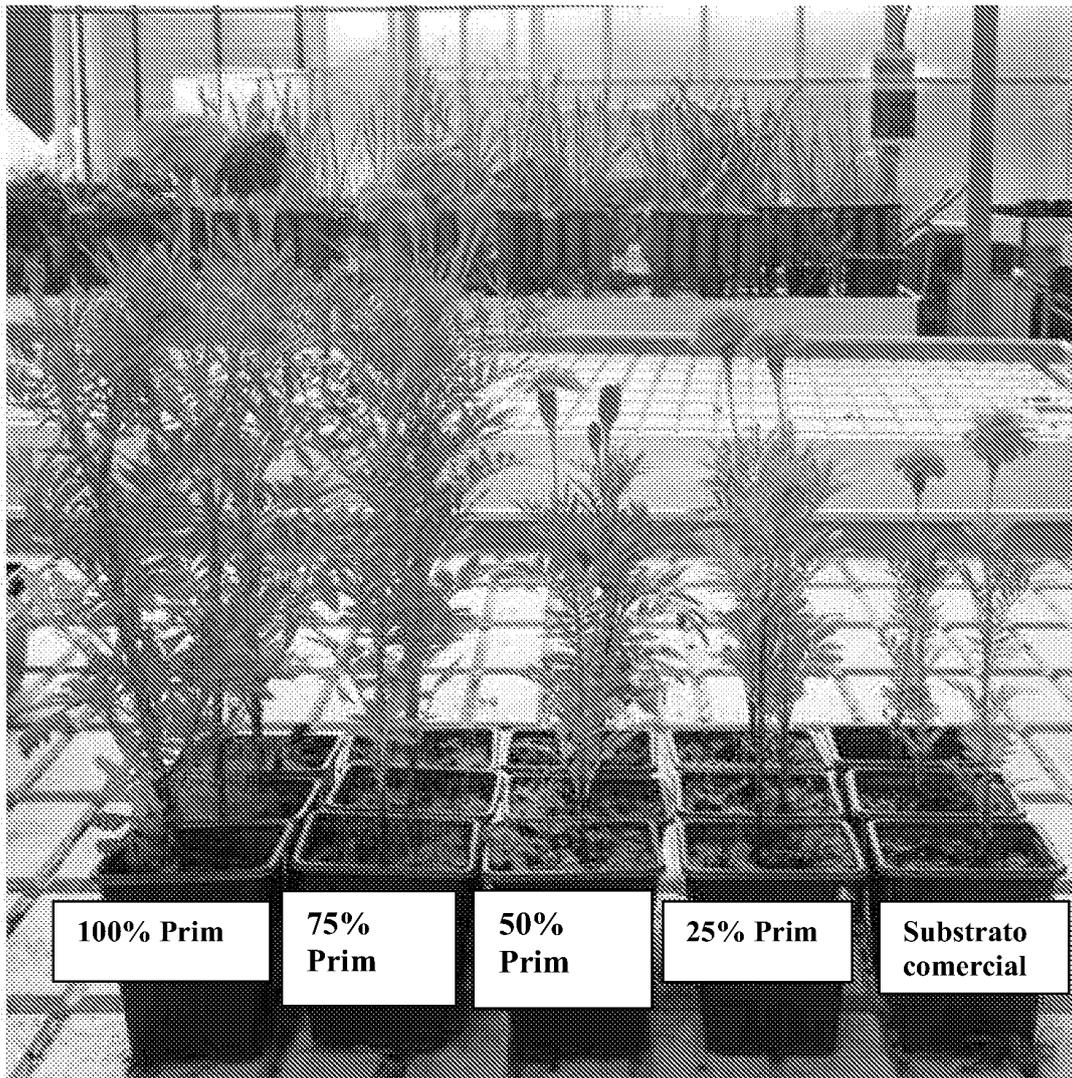


FIG. 21

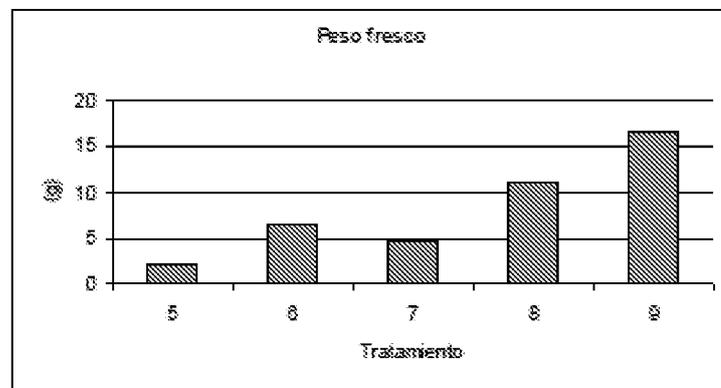
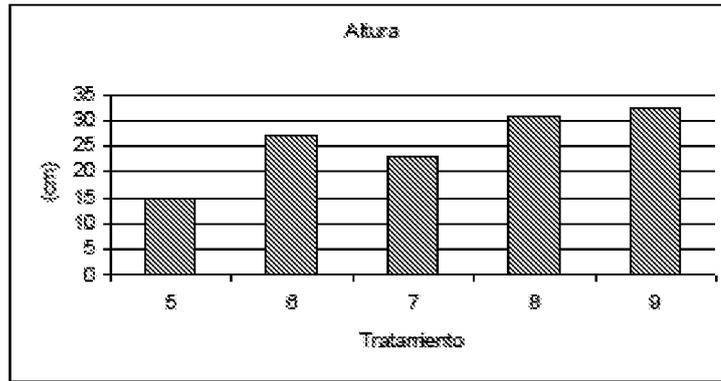
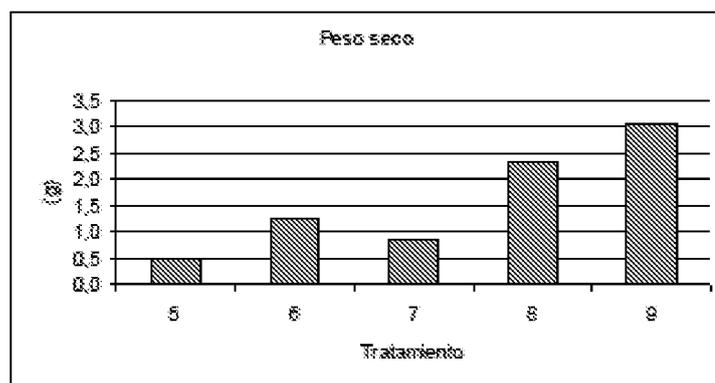
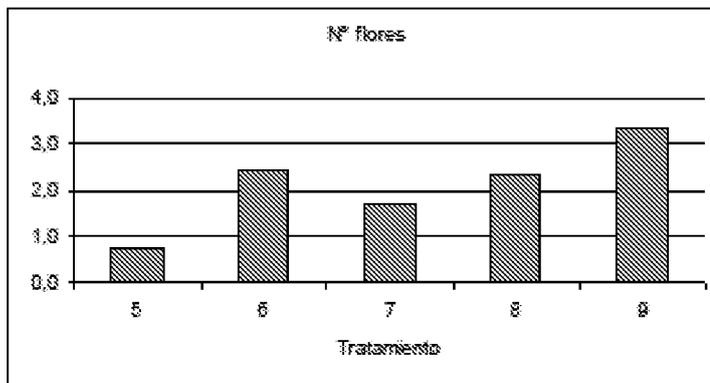


FIG. 22





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200930342

②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.06.2009

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **C05F15/00** (2006.01)
C05F17/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	CAMPBELL, A.G.R. et al. Wood ash as an amendment in municipal sludge and yard waste composting processes. Compost Science and Utilization. 1997. Vol. 5, Nº. 1, páginas 62-73. ISSN 1065-657X. Resumen de la base de datos BIOSIS. Recuperado de EPOQUE. Número de acceso: PREV199799470888.	1-16
X	KUBA, T. et al. Wood ash admixture to organic wastes improves compost and its performance. Agriculture, Ecosystems and Environment. 01.08.2008. Vol. 127, Nº. 1-2, páginas 43-49. ISSN 0167-8809.	1-10,15,16
A	DEMEYER, A. et al. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: An overview. Bioresource Technology. Mayo, 2001. Vol. 77, Nº. 3, páginas 287-295. ISSN 0960-8524.	1-16
A	SHARMA, V.K. et al. Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: review. Energy Conversion and Management. 01.03.1997. Vol. 38, Nº. 5, páginas 453-478. ISSN 0196-8904.	1-16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
22.06.2011

Examinador
E. Ulloa Calvo

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C05F, C05D, C05G, C09B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, BIOSIS, EMBASE, NPL, MEDLINE, XPESP, COMPDX, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 22.06.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-9, 12, 13	SI
	Reivindicaciones 10, 11, 14-16	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-16	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CAMPBELL, A.G.R. et al. Resumen de la base de datos BIOSIS.	1997
D02	KUBA, T. et al. Agriculture, Ecosystems and Environment. 01.08.2008. Vol. 127, Nº. 1-2, páginas: 43-49.	01.08.2008
D03	DEMEYER, A. et al. Bioresource Technology. Mayo, 2001. Vol. 77, Nº. 3, páginas: 287-295.	05.2001
D04	SHARMA, V.K. et al. Energy Conversion and Management. 01.03.1997. Vol. 38, Nº. 5, páginas: 453-478.	01.03.1997

La solicitud describe las características físico/químicas y mineralógicas de un compost que se ha obtenido empleando cenizas de combustión de biomasa en la mezcla a compostar, el procedimiento de obtención del mismo así como su uso como fertilizante, substrato o regenerador de zonas degradadas.

El documento D01 anticipa el empleo de cenizas de combustión junto con restos de jardinería (hojarasca, hierba y restos secos) y lodos municipales en procesos de compostaje.

El documento D02 narra un proceso de obtención de un compost mediante la mezcla de cenizas de combustión de biomasa (8-16%) y residuos orgánicos comunitarios junto con restos arbóreos triturados.

El documento D03 analiza las características físico/químicas y mineralógicas de las cenizas de combustión de biomasa para su empleo en agricultura, como mejorador del suelo o fertilizante.

El documento D04 resume las tendencias en compostaje aeróbico de residuos varios, indicando qué factores son deseables y limitantes para la obtención de un compost maduro adecuado.

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA (Art. 6.1 y 8.1 L.P.)

La solicitud, en sus reivindicaciones 1-9, describe las características físico/químicas y mineralógicas de un compost obtenido empleando cenizas de combustión de biomasa como materia de partida de una mezcla a compostar.

Las reivindicaciones 10-13 se refieren al procedimiento de obtención del compost: mediante digestión aeróbica de una mezcla de componentes residuales que incluyen cenizas de combustión de biomasa (reivindicación 10). Opcionalmente también incluye restos arbóreos y/o arbustivos triturados, lodos EDAR y hojarasca (reivindicación 11), especificando en la reivindicación 12 los porcentajes de cada componente (cenizas: 5-20%). Las reivindicaciones 13 y 14 son alternativas a los lodos EDAR (purines o excretas) y a la hojarasca (hierba).

Las reivindicaciones 15 y 16 especifican el uso que se va a dar al compost: fertilizante, substrato o regenerador de zonas degradadas.

La clave de la solicitud consiste en el empleo de cenizas de combustión de biomasa para la elaboración de un compost apto como fertilizante y mejorador de suelos, así como el compost obtenido empleando esa materia prima en la mezcla. Otras materias primas que puede incluir la mezcla a compostar, como restos de jardinería (hojarasca, restos arbóreos y /o arbustivos, hierba) así como lodos EDAR o deyecciones animales son opciones posibles ya conocidas del estado de la técnica, y la mezcla de distintas proporciones de las mismas son alternativas conocidas de cara a la obtención de un compost estable de calidad, con una relación C/N adecuada. Así, es conocido el empleo de materiales arbóreos o arbustivos para aumentar la relación C/N y disminuir la humedad de la mezcla a compostar, y el empleo de lodos EDAR o deyecciones para equilibrar la relación C/N (disminuyendo esta relación). Estas consideraciones pueden verse reflejadas en el documento D04.

Documento D01

El documento D01 anticipa el empleo de cenizas de combustión junto con restos de jardinería (hojarasca, hierba y restos secos) y lodos municipales en procesos de compostaje, indicando la influencia que tiene su empleo sobre el proceso de compostaje, así como sobre la calidad final del compost obtenido. El porcentaje de cenizas empleado oscila entre el 5-8%.

Este documento, por tanto, afecta a la novedad de las reivindicaciones 10, 11 y 14, al realizar un compostaje de cenizas de combustión de biomasa junto con restos arbóreos y arbustivos, hojarasca, hierba y lodos EDAR.

El porcentaje de cenizas empleado en este documento está dentro de los límites establecidos en la reivindicación 12. El del resto de componentes residuales que se han empleado en la mezcla no viene especificado, si bien se consideran como alternativas posibles ya conocidas del estado de la técnica de cara a la obtención de un compost estable de calidad. De igual forma se considera como una alternativa posible y sobradamente conocida la sustitución de lodos EDAR por purines o excretas animales como componente equivalente que reduce la relación C/N de la mezcla (tal y como indica la reivindicación 13). En apoyo de estas consideraciones está el documento D04. El documento D04 resume las tendencias en compostaje aeróbico de residuos varios, indicando qué factores son deseables y limitantes para la obtención de un compost maduro adecuado. Incluye el empleo de distintas materias primas, como son lodos, purines y restos de jardinería, mezcladas de forma que se consiga una relación C/N adecuada. De este documento se puede deducir el conocimiento común en el estado de la técnica referente al compostaje, respecto a que es adecuado el empleo de distintas materias primas residuales, algunas ricas en carbono (restos arbóreos y arbustivos) y otras en nitrógeno (lodos o purines) para conseguir una relación C/N adecuada. Es, por tanto, de conocimiento común, que tanto los lodos como los purines son fuente de nitrógeno para el compost, y sustituibles uno por otro.

Así, y a la vista del documento D01, las reivindicaciones 12 y 13 no cumplen con el requisito de actividad inventiva.

El uso de compost como fertilizante, substrato o mejorador de suelos es sobradamente conocido, sea cual fuere el origen del mismo, por lo que una vez que se tiene el compost no se considera que implique actividad inventiva su empleo en esos fines.

El documento D01 no especifica qué características físico/químicas y mineralógicas posee el compost obtenido por el procedimiento, si bien se consideran las mismas que la solicitud (en sus reivindicaciones 1-9), ya que parten del mismo tipo de materias primas y realizan sobre ellas el mismo compostaje aeróbico. Por tanto, y a la vista de este documento, las reivindicaciones 1-9 no cumplen con el requisito de actividad inventiva.

Documento D02

El documento D02 narra un proceso de obtención de un compost mediante la mezcla de cenizas de combustión de biomasa (8-16%) y residuos orgánicos comunitarios junto con restos arbóreos triturados. Este compost es empleado como fertilizante o substrato de crecimiento vegetal, así como regenerador de zonas degradadas.

Este documento, por tanto, afecta a la novedad de las reivindicaciones 10, 15 y 16.

Respecto a las características físico/químicas y mineralógicas del compost indicadas en las reivindicaciones 1-9, aplican las mismas consideraciones indicadas en el documento D01, puesto que la reivindicación 10 genérica, que también da lugar al compost objeto de invención, contiene cenizas y otros componentes residuales no especificados. Por tanto, y a la vista de D02, las reivindicaciones 1-9 no cumplen con el requisito de actividad inventiva.