

PROCESO PARA OBTENCION DE BIOABONO A PARTIR DE EXCRETAS
PORCINAS

CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención se relaciona con un proceso para obtención de bioabono a partir de materiales de desecho como son las excretas de cerdos, en donde la transformación del residuo contaminante se convierte mediante reciclaje en un producto amigable para el ambiente.

10

RESUMEN

La presente invención tiene como objeto la obtención de Bioabono a partir de excretas porcinas, en donde el bioproceso utiliza los microorganismos presentes en la materia prima (excretas) que son aislados, identificados, bioaumentados por medio de cultivo en medios ricos en nitrógeno y diferentes fuentes de carbono para luego hacer una transformación eficiente de las excretas para producir un Bioabono. El proceso comprende el alistamiento de las excretas, que aquí se denominarán materia prima, mezclándolo con aserrín el cual ha sido tratado previamente con Trichoderma spp. Al producto bioconvertido, Bioabono producido se le hará una prueba de inocuidad consistente en la germinación de semillas de Crotalaria spp. Las etapas generales del bioproceso son ocho: 1. Alistamiento de las excretas. 2. Aislamiento y clasificación de los microorganismos. 3. Adaptación y bioaumentación microbianas. 4. Colonización. 5. Bioconversión. 6. Maduración del bioabono. 7. Caracterización o prueba de fertilidad y 8. Prueba de inocuidad.

El uso de materia orgánica de origen animal en los últimos años ha despertado gran interés ligado al tema de los residuos orgánicos que encuentran así una aplicación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

30

El producto elaborado ayudará a realizar agricultura sostenible y orgánica de alta calidad, mejorando la calidad del suelo, aumentando la biodiversidad microbiana, volviendo a tener el suelo un balance equilibrado del ecosistema. Los principales beneficios del bioabono elaborado son:

1. Constituye una fuente importante de micro y macronutrientes, siendo particularmente importante el P orgánico en el suelo ácido.
2. Ayuda a estabilizar la acidez del suelo.
3. Actúa como quelante del Al.
4. Actúa como quelante de micronutrientes previniendo su lixiviación y su toxicidad.
5. Regula la adsorción especialmente la inactivación de plaguicidas.
6. Mejora la capacidad de intercambio del suelo.
7. Mejora la cohesión y la estabilidad de los agregados del suelo.
8. Disminuye la densidad aparente.
9. Aumenta la capacidad del suelo para retener agua.
10. Es fuente energética para los microorganismos del suelo.
11. Estimula el desarrollo radicular.

10

Una de las contribuciones a la fertilidad del suelo es su capacidad de suplir nutrientes mediante procesos de inmovilización y de mineralización.

- Un fenómeno bien interesante del uso de este tipo de bioabono es la sincronía que ocurre cuando la liberación de los nutrientes es similar a lo que requiere la planta en tiempo y espacio. Un manejo adecuado del producto puede aumentar o inhibir la cantidad de nutrientes disponibles, mediante mineralización o inmovilización respectivamente.

20 **ESTADO DE LA TÉCNICA**

El cerdo se cría casi en todo el mundo, con la finalidad de obtener alimento cárnico por sus buenas características nutricionales y su buen sabor.

- 25 Se desarrollan y maduran con rapidez, tienen un periodo de gestación muy corto alrededor de 114 días, de las madres se obtienen muchas crías, son omnívoras y consumen gran variedad de alimento convirtiendo los cereales y leguminosas en carne.
- 30 En los últimos años la producción de cerdos se ha visto afectada en los inventarios actuales, la acumulación de excretas producidas ha provocado un aumento en los niveles de nitrógeno y de fósforo que se aportan al suelo, lo que significa un exceso de dichos elementos sobre lo que las plantas necesitan.

De igual manera se tiene un aumento en las emisiones de amoníaco al ambiente y por consiguiente la producción de olores ofensivos, como una consecuencia del mal manejo de los residuos generados.

- 5 Se hace necesario como una medida de protección ambiental caracterizar las excretas, que factores afectan la cantidad y calidad de la misma, para conocer sus verdaderas características nutricionales y previendo su impacto negativo al ambiente, considerar tal residuo como una oportunidad brindando manejo y tratamiento para su posterior uso como bioabono.

10

Los principales ingredientes de los residuos de una granja porcina son las excretas, heces y orina, agua con excreta, alimento desperdiciado, suelo y otros elementos, y que se clasifican como: 1. Sólidos, de forma pastosa, color café oscuro y un 60% de humedad. 2. Semisólidos es la proporción de 50% sólido y 50% orina. 3.
15 Líquidos: donde el mayor porcentaje lo constituye el agua que se mezcla con las excretas, de acuerdo al tipo de lavado de la granja porcina.

20

Los residuos sólidos son los que permanecen por más tiempo dentro de las instalaciones y son los que tardan más en degradarse por la materia sólida que
20 contienen y se clasifican como 1. Orgánicos: representando el 90%, compuesto por microorganismos patógenos y no patógenos, los cuales pueden ser perjudiciales o benéficos. Además, contienen enzimas y aminoácidos volátiles que son los que afectan a los recursos naturales. 2. Los inorgánicos que corresponden al 10%
25 conteniendo algunos metales como arsénico, cobre y boro entre otros y cenizas como materia inerte que al acumularse sin el tratamiento adecuado afectan los cuerpos de agua, al suelo y al aire.

30

Una forma de aprovechamiento es su transformación mediante un proceso de reciclaje, para transformarlos en un abono, ya que su principal problema debido a
30 los nutrientes que poseen es el de la contaminación.

En este sentido, se conoce la patente CN1939880 la cual reporta un fertilizante orgánico con repelente de insectos y funciones a prueba de enfermedades y su producción, en donde se reporta un método para preparar un fertilizante orgánico que contiene un repelente de insectos. El fertilizante está caracterizado porque

comprende un cultivo de hongos resistentes a los insecticidas, un cultivo de hongos y *Pseudomonas fluorescens* CPF-10, *Bacillus thuringiensis* B24-14 y bacterias SFJ-1. El fertilizante contiene estiércol de ganado y aves de corral, una cepa microbiana, paja en una proporción 55~65:1 hasta 3:35 a 45. Esta mezcla luego se fermenta a temperatura ambiente durante 5 a 15 días. El proceso de fermentación controla la temperatura del tanque de fermentación entre 40 y 70°C. El proceso de fermentación debe realizarse por aireación, en donde, el tubo de aireación al tanque de fermentación para la ventilación del material se hace pasar de 1 a 3 veces al día, por ejemplo, cada 0,5 a 2,0 horas. El fertilizante orgánico con repelente de insectos es económico y tiene un contenido de nitrógeno, fósforo y potasio mayor al 10%. Contiene además microelementos e inhibe bacterias y hongos patógenos ayudando al crecimiento de las plantas.

Otro documento que se conoce es el documento CN103787729 el cual se refiere a un fertilizante orgánico y a un método de preparación del mismo. El proceso para la preparación del fertilizante orgánico comprende las siguientes etapas: con el excremento de ganado agregado con residuos de hongos comestibles molidos, superfosfato de calcio, cenizas volátiles y agentes bacterianos de fermentación como materia prima. Se realiza una primera fermentación, fermentación de oxigenación y luego, una fermentación adicional, en la que el material fermentado presenta una coloración negro- marrón sin ningún olor. Luego se seca el material fermentado, se somete a granulación, filtración, comprobación y envasado.

En la invención, el estiércol de cerdo y el estiércol de aves tienen una gran diferencia en el contenido de múltiples ingredientes nutricionales tales como materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio y de acuerdo con las necesidades de nutrientes de diferentes cultivos, se agregan residuos de hongos comestibles y se mezclan según diferentes proporciones. Mediante la adición del superfosfato de calcio, se aumenta la temperatura del compostaje y se incrementa el contenido de NH_4^+ -N soluble en agua del compostaje- y se reduce efectivamente la liberación de amoníaco (NH_3) y se aumenta el contenido de fósforo del fertilizante orgánico. La adición de las cenizas volátiles, permite el aumento del contenido total de nitrógeno. El fertilizante orgánico proporcionado por la invención tiene las ventajas de fuente de bacterias apropiadas, proceso de fermentación simple, poca generación de gas impuro, descomposición completa, composición completa, bajo costo y alto rendimiento.

Por su parte el documento CN105255777 reporta un método para la producción de fertilizante bio-orgánico a través de estiércol porcino y residuos de hongos en donde la invención proporciona microorganismos tales como: *Bacillus subtilis* Lys-979 para la fermentación eficiente y rápida de estiércol de cerdo y residuos de hongos. El método tecnológico para preparar fertilizante bio-orgánico se lleva a cabo a través de la fermentación de microorganismos *Bacillus subtilis* Lys-979. De acuerdo con la invención, el estiércol de cerdo y los residuos de hongos fermentados a través de la cepa y los otros materiales de base de fermentación se descomponen rápidamente entre 18 y 22 días y los indicadores fisicoquímicos cumplen con los nuevos estándares de fertilizantes orgánicos. El método consiste en tomar estiércol fresco de cerdo con un 65% de humedad, residuos de hongo *Pleurotus eryngii* con contenido de agua 15% en un recipiente. Al mismo tiempo se proporciona *Bacillus subtilis* Lys-979 para fermentación sólida. Se mezcla con los excrementos y los residuos de hongos en un tanque. Se controla la temperatura durante todos los días y se deja a 49°C durante 2 días. Luego se fermenta por 5 días a una temperatura de 68°C y calentando luego hasta 78°C y se pasa a una evaporación continua luego del día 11, la temperatura desciende y en el día 14 con un 30% menos de humedad el material obtenido es negro, con un olor notablemente reducido y se completa la fermentación. El fertilizante bio-orgánico parte de la base de ser un inoculante funcional antibiológico con función de control sobre plagas y el daño por enfermedad de cultivos. Este fertilizante soluciona problemas relacionados con la contaminación causada por excrementos y compostajes de largo tiempo de fermentación y de alto costo, y promueve el desarrollo sostenible de la producción agrícola.

La patente CN106008080 hace referencia a un fertilizante orgánico eficaz que se caracteriza por estar preparado a partir de componentes en porcentaje en masa de la siguiente manera: 40% -50% de excremento animal (incluidos pollos, patos, ganado, ovejas, cerdos y similares), 20-30% de fertilizante fosfatado de alta calidad y 20% -30% de cloruro de potasio. El fertilizante orgánico eficiente se prepara de acuerdo con las etapas siguientes: en primer lugar, el abono de pollo se composta y fermenta durante medio mes. La temperatura más alta puede alcanzar 70°C; se mezclan además 20% al 30% del fertilizante fosfatado de alta calidad, 20% al 30% de cloruro de potasio y 40%-50% del excremento animal (incluidos pollos, patos, ganado, ovejas, cerdos y similares) y se agitan uniformemente. Finalmente, la mezcla se seca, se preparan gránulos y se obtiene un producto acabado. El

fertilizante orgánico eficiente tiene los beneficios de surtir un efecto rápido, la eficiencia es alta, el rendimiento de los cultivos se puede aumentar en un 20%-50% y mejora el contenido de material orgánico en el suelo, su estructura y la capacidad de mantenimiento y suministro del fertilizante.

- 5 En este sentido, la presente invención hace un aporte al desarrollo sostenible, al mantenimiento de la biodiversidad y a la producción más limpia y es un apoyo a la agricultura orgánica ya que hace el aprovechamiento de los materiales de desecho de poblaciones de porcinos produciendo bioabono que mejora las cualidades de suelos. Además, proporciona compuesto libre de sustancias químicas tóxicas.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Etapas generales de la invención

- 15 La presente invención consiste en un proceso para la obtención de bioabono a partir de excretas porcinas, con las siguientes etapas generales:

1. Alistamiento de las excretas.
2. Aislamiento y clasificación de los microorganismos.
- 20 3. Adaptación y bioaumentación microbianas.
4. Colonización.
5. Bioconversión.
6. Maduración del bioabono.
7. Caracterización o prueba de fertilidad y
- 25 8. Prueba de inocuidad.

En este sentido, a continuación, se muestran las condiciones y materiales que participan en cada una de las etapas anteriormente mencionadas:

- 30 **Etapas 1 o de Alistamiento de excretas.** Las excretas sufren un proceso de alistamiento, que consiste en decantación con el fin de separar los residuos sólidos. Y se realizan pruebas fisicoquímicas para determinar: pH, Nitrógeno, Potasio, Fósforo y Carbono.

Etapa 2 o de Aislamiento y clasificación de microorganismos. Se aíslan y caracterizan los microorganismos que están presentes en las excretas utilizando medios de cultivo a los que se les agrega una cantidad determinada de excretas porcinas para inducir el crecimiento microbiano, así como medios selectivos los cuales permiten el cultivo solo de bacterias, y mediante un estudio fisicoquímico y microbiológico se determinan las condiciones iniciales de crecimiento para la posterior identificación de dichos microorganismos (MO). De ellos se usa una proporción del 50%, que se denomina pool microbiano 1 y el otro 50% corresponde a microorganismos eficientes aislados de otros procesos de fermentación preliminares, denominados pool 2. Los microorganismos se mezclan en proporciones iguales y se someten a un proceso de adaptación con recuentos microbianos diarios y pruebas de viabilidad, es decir subcultivos.

Etapa 3 o de Adaptación y Bioaugmentación. Los microorganismos aislados e identificados se colocan en un biorreactor tipo tanque aireado en donde el crecimiento se ve favorecido por una mezcla de carbohidratos y nitrógeno, tales como melaza entre 0.20% - 0.25% y urea 0.05 % - 0.10%, respectivamente y se añade 1% de excretas como estimulador de crecimiento.

Etapa 4 o de Colonización. Los microorganismos y sus nutrientes señalados en la etapa 3 con agitación constante, temperatura ambiente comprendida entre 28°C - 32°C y a un rango de pH 6.8 - 7.6, se dejan crecer por 5 días con recuentos microbianos diarios, denominándose tiempo 0, el inicial de mezcla.

Etapa 5 o de Bioconversión. Esta etapa se realiza una mezcla estiércol porcino sólido y aserrín en polvillo proveniente de aserraderos en donde se corte madera natural sin tratamientos de inmunización, en proporciones equivalentes a 500 kG de estiércol y 250 kG de aserrín (proporción 1:0.5). El aserrín se trata previamente durante una semana con *Trichoderma viride*, hongo que confiere propiedades de biocontrol a las plantas contra plagas, promueve el crecimiento vegetal y degrada materia orgánica y residuos agroindustriales por su gran diversidad enzimática y fácil adaptación. Luego se agregan 250 litros de los microorganismos adaptados y colonizados en una concentración de 1×10^{14} hasta 1×10^{18} obtenidos en el paso 3, hasta alcanzar después de la mezcla una humedad del 65%.

La mezcla se somete a volteo diario y se controla la temperatura. En este paso se agrega entre 150 mL a 300 mL del alga *Chlorella* spp. como estimulante de la fijación de nitrógeno. La concentración de alga es de 1×10^{15} por mL

5

El proceso de reciclaje inducido es un proceso biológico oxigénico, que con la humedad y temperatura adecuadas se estimula un proceso de higienización y se elabora un producto homogéneo y asimilable por las plantas.

10 **Etapas 6 o de Maduración del bioabono.** Se realiza el proceso denominado maduración del Bioabono, proceso que dura 20 días, se deja en reposo, hasta que la temperatura disminuya alrededor de 30°C a 27°C, al igual que la humedad que llega al 60%, el olor es característico a humus y el color es café oscuro casi negro.

15 **Etapas 7 o de Caracterización o prueba de fertilidad.** Esta etapa comprende la recolección y empacado del producto final, al cual se realiza previamente una caracterización para determinar su fertilidad determinando su contenido de carbono, nitrógeno, fósforo, sodio, potasio, índice de intercambio catiónico y los tipos de microorganismos.

20

Etapas 8 o prueba de Inocuidad. Se realiza el perfil de inocuidad del producto utilizando semillas de *Crotalaria* spp., planta leguminosa anual, observando el porcentaje de germinación, comparando su germinación con un control sin el Bioabono elaborado a partir de las excretas. Se utiliza esta planta por los nódulos que aparecen ligados a la raíz con bacterias benéficas que fijan nitrógeno atmosférico.

25

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

30

La **Figura 1** muestra un diagrama detallado de la invención para la producción de bioabono a partir de excretas de cerdo con sus fases 1 y 2 y la descripción de las etapas o procesos en cada una.

35 La **Figura 2** muestra los microorganismos presentes en el pool 1.

La **Figura 3** muestra microorganismos presentes en el pool 2 provenientes del cepario del Centro de investigación con probada capacidad fermentativa.

- 5 La **Figura 4** muestra la evolución de la actividad biológica, pH, temperatura y formación de metabolitos secundarios. Se observa un periodo de tiempo de 20 días. En donde la fase más larga es la de maduración y la más corta es la mesofílica 1, con 3 días.

10 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

En forma más detallada, el proceso para la obtención de bioabono a partir de excretas de cerdo, comprende dos fases bien definidas con sus respectivas etapas. La fase 1 comprende la etapa 1 de alistamiento de las excretas porcinas y la etapa
15 2 o de aislamiento e identificación de microorganismos.

La fase 2 comprende: la etapa 1 o de Alistamiento de las excretas porcinas no para caracterizarlas como se hizo en la fase 1, sino para preparar la mezcla del aserrín y de las excretas para el comienzo del bioproceso; la etapa 2 o de Aislamiento y
20 Adaptación, consiste en la activación de los microorganismos aislados y adaptados en la etapa 2 de la fase 1. La etapa 3 o de Adaptación y Bioaumentación microbianas. La etapa 4 o de Colonización. La etapa 5 o de Bioconversión. La etapa 6 o de Maduración del bioabono. La etapa 7 o de Caracterización o prueba de fertilidad y la etapa 8 o Prueba de inocuidad.

25

Fase 1.

Etapas 1 o de Alistamiento. Mediante decantación se separan las excretas sólidas
30 y se someten a un proceso de caracterización físico-química.

Se miden los siguientes parámetros fisicoquímicos y se analizan sus resultados:

pH	N %	K mEq	P g/kg	Humedad %	COT %
7.9	0.8	4.5	>140	11.5	26

Etapas 2° de Aislamiento y adaptación de los microorganismos a partir de las excretas porcinas

Se prepara un medio de cultivo denominado BHI (Caldo cerebro corazón) modificado con 5% de excretas, en un reactor de 2 litros. Se deja a temperatura ambiente (25 a 30°C), durante una semana y se realizan recuentos de microorganismos cada 12 horas.

La siguiente tabla es el resultado de los promedios diarios:

0 día Inicial	1 día	2 día	3 día	4 día	5 día	6 día	7 día Final
1x10 ⁴ mo/mL	1x10 ⁶ mo/mL	1x10 ⁷ mo/mL	1x10 ¹⁰ mo/mL	1x10 ¹² mo/mL	1x10 ¹⁴ mo/mL	1x10 ¹⁵ mo/mL	1x10 ¹⁸ mo/mL

El crecimiento es abundante, lo cual significa que los microorganismos son viables y de metabolismo rápido. Las muestras extraídas del medio líquido modificado se guardan y constituyen el Pool microbiano 1 (**Fig. 2**). Este conjunto de microorganismos se mezcla en partes iguales con el pool 2 (**Fig. 3**) que corresponde a microorganismos eficientes, obtenidos con anterioridad en ensayos preliminares del mismo proceso y que reposan en el cepario del Centro de Investigación en biotecnología, bioética y ambiente (CINBBYA) de la UNAB, utilizando el mismo medio de cultivo modificado.

Luego se siembran y adaptan los microorganismos del pool 1 y del pool 2 al medio que se utilizará para la prueba de la fase 2. Este medio está formulado con urea entre el 0.05% - 0.10 % y con melaza entre el 0.20% y 0.25% respectivamente. La urea es una amida del ácido carbónico que contiene 46% de nitrógeno, que la planta necesita para sus procesos fotosintéticos y como fuente de energía y es directamente responsable del incremento de las proteínas. Por esta razón, en la fase 2 en la etapa de conversión se añade el alga verde *Chlorella* spp. que es fijadora de nitrógeno. Por otro lado, la melaza según la norma Icontec 587 de 1.994 es un residuo de la cristalización final del azúcar de caña y la que se utiliza contiene 3% de proteínas, Sacarosa 60% p/p, Calcio 0,74%, Magnesio 0,35%, Fósforo 0.08% y Potasio 3.67%, elementos indispensables para la fertilidad del suelo y que serán utilizados por los microorganismos en sus procesos o ciclos bioquímicos.

A esta mezcla se añade 1% de estiércol como inductor de procesos enzimáticos microbianos. Se incuban a temperatura ambiente por 48 horas y posteriormente se pasan a medios de cultivo sólidos de igual preparación y de ahí se sigue el protocolo usual de identificación microbiana.

Los microorganismos aislados, caracterizados e identificados se guardan en subcultivos frescos y se controla su pH y el número de microorganismos mediante recuentos cada 3 días. Se cultivan luego en medio sólido en idénticas proporciones que el líquido, para facilitar su aislamiento e identificación.

FASE 2

Etapas 1 o de Alistamiento. Las excretas decantadas y caracterizadas en la fase 1 Etapa 1, se mezclan con aserrín recolectado según las especificaciones dadas y previamente tratado con *Trichoderma viride*, 250 kilogramos de aserrín y 500 kilogramos de estiércol (la proporción de Estiércol a Aserrín es de 1:0.5). Se añade al aserrín, 50 litros con 1×10^{20} esporas del hongo, previamente cultivadas en un medio proporcional con 8 gramos de avena molida, 150 gramos de vermiculita y 250 mL de agua. La razón de la adición del hongo *Trichoderma viride* es para facilitar la degradación de la materia orgánica y darle al producto final capacidad de control biológico.

Etapas 2 o de Adaptación. En esta etapa los microorganismos escogidos como eficientes para el bioproceso se cultivan en medio BHI, caldo cerebro-corazón, haciendo una adaptación progresiva para incentivar en los microorganismos su memoria metabólica haciendo crecer los microbios en concentraciones crecientes de estiércol porcino tales como: 10%, 20%, 30%, 50% y 75%. Estos cultivos también tienen como fin identificar la aparición de microorganismos no deseados como *Salmonella* spp., o *Escherichia* spp. y determinar además la existencia de antagonismo bacteriano que se comprobará por los recuentos diarios de microorganismos y su cultivo en medio BHI modificado. De preferencia la concentración utilizada es al 10% dada la menor competencia nutricional.

Etapas 3 o de Bioaumentación. De la etapa anterior se colocan microorganismos en un medio de cultivo con 0.25% de melaza y 0.05% de urea con el fin de aumentar

las fuentes de carbono y nitrógeno en el cultivo. A este medio de cultivo se agregan 20% de medio que contenga 1.2×10^6 /cm³ de microorganismos con la concentración del 10% de excretas. Esta concentración se escoge debido a su buen crecimiento en menos de 24 horas. Pero se puede utilizar cualquier otra concentración.

5

Etapas 4 o de Colonización. Se emplea un tanque agitado y aireado de 250 o 500 litros de capacidad. Se controla el pH a 7.5 Como en la etapa anterior, se hace un recuento de microorganismos desde el día 1 hasta el día 8. El fin de este recuento es lograr que por lo menos el número inicial de microorganismos. se mantenga
10 (1.2x10⁶mo/mL). Se ha observado que, con las condiciones del proceso, generalmente este número se duplica.

Adicionalmente, en un tanque de 250 litros se cultiva *Chlorella* spp. en una solución 4mM (milimolar) de fertilizante 10-30-10 y al tanque de cultivo se le abre una ventana
15 para que el alga que es fotosintética se pueda desarrollar. El tanque se mezcla a 2000 rpm una vez al día por 2 horas.

Etapas 5 o de Bioconversión. Se realiza como sigue: en un tanque o en una pila bajo techo, se mezclan estiércol porcino y aserrín en una proporción 1:0.5, es decir,
20 $\frac{1}{2}$ tonelada de estiércol sólido y $\frac{1}{4}$ de tonelada de aserrín. Las condiciones de estos dos componentes son: estiércol sólido al cual se ha retirado todo el líquido y el aserrín que debe ser polvillo proveniente de aserraderos donde se corte madera natural sin tratamientos de inmunización. Estos dos componentes se mezclan y se hace un estudio de microorganismos con el fin de determinar si hay presencia de
25 hongo *Trichoderma viride* u otra especie. En caso de no estar presente, se adicionan esporas al medio. Este hongo tiene la función de fomentar la biodegradación del aserrín y ayudar a que el bioabono posea capacidades de controlador biológico de plagas. La concentración del *Trichoderma viride* adicionado es de 5×10^6 esporas/mL. Esta mezcla se deja en reposo por un periodo de una semana. Luego,
30 la mezcla anterior se pone en contacto con 150 litros de microorganismos adaptados y 7,5 litros de *Chlorella* spp con una concentración equivalente a 1×10^{15} mL. Esta mezcla se lleva a cabo en estanques o recipientes con una superficie de área grande y con profundidad entre 1 a 2 metros formando pilas cónicas invertidas. Esto favorece el proceso de transformación mediante las fases mesofílica 1, termofílica,
35 mesofílica 2 o de enfriamiento y de maduración. Se mide el pH con el fin de

determinar que esté entre 6.8 y 7.2. En caso de necesitar ajustar el pH, se añade cal o yeso en cantidades pequeñas aproximadamente entre 0.01% y 0.1%. Las pilas deben estar techadas a fin de evitar aumento de la humedad del sistema por lluvia.

- 5 Después de 24 horas de reposo, la mezcla se somete a ventilación diaria por medios mecánicos como, por ejemplo, volteo o paleo o a través de una tubería con orificios estilo flauta que se sumerge en el estanque o recipiente para hacer circular aire proveniente de un compresor. Esta aireación se realiza diariamente en un tiempo total de 6 horas, preferiblemente, 3 horas en la mañana y 3 horas en la tarde. La
- 10 temperatura se controla de tal forma que esté entre 65 y 70°C. una vez la temperatura se encuentre en este rango, se deja la mezcla por un periodo de 48 horas con el fin de estabilizar la colonización de termófilos (*Streptomyces*) y poder exterminar cualquier microorganismo patógeno no deseado como, por ejemplo, *Salmonella ssp*, *Escherichia coli*. Luego de las 48 horas, se continúa midiendo la
- 15 temperatura con el fin de ajustar la temperatura hasta temperatura ambiente. Cuando la temperatura de la mezcla está en 50°C se mide la humedad, si ésta se encuentra por debajo de 65% se agrega microorganismos provenientes del tanque donde se lleva a cabo la etapa 3 de bioaumentación. El volteo se realiza cada segundo día y se añaden microbios cada 5 días o antes si la humedad disminuye
- 20 de 65%.

En esta fase suceden varias etapas microbiológicas:

1. Etapa mesofílica 1. La temperatura puede subir hasta 45°C y el pH puede bajar debido a los ácidos productos de la descomposición;
- 25 2. Etapa termofílica. La temperatura puede llegar a 65°C o hasta 70°C y se denomina también etapa de higienización porque las bacterias denominadas patógenas mueren a estas temperaturas;
3. Etapa mesofílica 2 o de enfriamiento. Agotadas las fuentes de nitrógeno y de carbono, cesa la actividad microbiana y la temperatura desciende a los 40°C.
- 30 El pH se mantiene ligeramente alcalino.

Etapas 6 o Maduración. El producto se deja reposar con volteos periódicos, cada 2 días. Este proceso puede dejarse el tiempo que se quiera. Entre más tiempo pase mejor será el producto final. Se recomiendan 10 días. Durante esta etapa se

35 producen algunas reacciones secundarias de condensación y de polimerización y

se pueden formar ácidos húmicos y fúlvicos. Cuando llegue a una humedad del 30.7% se guarda en sacos de 25 kilos. Se hacen pruebas de inocuidad y se determina del perfil de fertilidad. La figura 4, muestra una relación entre temperatura con sus fases, pH y el tiempo.

5

Etapas 7 o de perfil de fertilidad. Se realizan pruebas físico-químicas y microbiológicas para determinar la calidad del Bioabono producido. Los resultados para el Bioabono producido a partir de las excretas porcinas objeto de la presente invención, se puede determinar en la siguiente tabla.

10 :

PERFIL DE FERTILIDAD DEL BIOABONO PREPARADO A PARTIR DE EXCRETAS PORCINAS

Muestra Parámetro	Bioabono	Valores Normales Fertilizante orgánico
Ph	7.6	4.0-6.0
Textura	Franca	-
Humedad (%)	30.7	25-35%
Conductividad (µS/cm)	218.0	211.0
Nitrógeno (%)	2.8	1-3 %
Fósforo (%)	10.8	1.5 - 10.0%
Potasio (%)	4.2	1.0- 3.0%
Carbono Orgánico Total (%)	52.0	40-60
Relación C/N	5.4	5/1 -8/1
CIC mEq/100g	26.0	15-25
Molibdeno (ppm)	7.50	No reportado
Cobre (ppm)	7.75	No reportado
Boro (ppm)	2.41	No reportado
Azufre (ppm)	18.0	No reportado
Zinc (ppm)	12.3	No reportado

Magnesio (ppm)	58.0	No reportado
Bacterias fijadoras de Nitrógeno/G	1.345 millones de MO/G	No reportado
Hongos no filamentosos/G	675 millones Levaduras/G	No reportado
Bacterias solubilizadores de Fósforo (BSF)/G	768 millones de MO/G	No reportado
Bacterias promotoras de crecimiento (BPC)/G	885 millones MO/G	No reportado
Hongos filamentosos/G	235 millones esporas/G	No reportado
Bacterias patógenas	Ausentes	Ausentes
Nemátodos	Ausentes	Ausentes

Con el producto resultante se pueden usar 7000 kg por hectárea o 1,3 kg por planta. En cultivos de soya o de maíz.

- 5
- Etapas 8 o de Inocuidad.** Se realiza sembrando en germinadores 100 semillas de *Crotalaria* spp, utilizadas en el presente proceso de bioconversión o se puede usar semillas de cualquier otra planta de interés forrajero y se observa el porcentaje de germinación. Con el producto elaborado se obtuvo un 93% de germinación, lo cual significa que el producto es inocuo y estimulante de la misma.

10

La presente invención también cubre el bioabono a partir de excretas porcinas obtenido mediante el proceso antes indicado, en donde el bioabono comprende 2,8% nitrógeno, 52% de carbono, de desde 768 millones a 1,345 millones de M.O por gramo y con una humedad de entre 30,7 y 35%.

15

Aún más, la invención también comprende el bioabono a partir de excretas porcinas obtenido mediante el proceso antes indicado, en donde dicho bioabono está inoculado con el alga *Chlorella* spp que fomenta la fijación del nitrógeno libre y estimula las bacterias promotoras de crecimiento.

Además, otra modalidad de la invención, es un bioabono a partir de excretas porcinas obtenido por el proceso de la invención, el cual está inoculado con el hongo *Trichoderma viride* que confiere características de controlador de plagas y degradador de celulosa.

Adicionalmente, la invención se refiere al bioabono producido por el proceso de fermentación por medio de grupos microbianos denominados pool1, provenientes del estiércol estudiado, con los siguientes microorganismos aislados, identificados y sometidos a pruebas de viabilidad:

- a. *Lactobacillus* spp.
- b. *Citrobacter* spp.
- c. *Arthrobacter* spp.
- 15 d. *Bacillus megaterium*
- e. *Streptomyces griseus*
- f. *Bacillus licheniformis*
- g. *Klebsiella oxytoca*
- h. *Serratia* spp.
- 20 i. *Leclercia* spp.

Aún más, la invención comprende un abono orgánico producido por un proceso de fermentación mediante microorganismos inductores, del cepario del centro de Investigación con probada eficiencia biodegradadora, que constituyen el pool 2. En donde se induce el crecimiento de los siguientes microorganismos, estimulados para realizar el proceso de bioconversión en un ambiente determinado, diferente a su hábitat natural de reproducción.

- a. *Candida lipolytica*
- b. *Klebsiella oxytoca*
- 30 c. *Sreptomyces albus*
- d. *Burkolderia cepacia*
- e. *Bacillus subtilis*
- f. *Pseudomonas putida*
- g. *Bacillus brevis*

P-12351

h. Citrobacter spp.