

5 **PROCESO QUÍMICO PARA LA OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO TIPO**
COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS MICROBIOLÓGICAMENTE
INOCUOS, Y COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA MEZCLADO EN DICHO
PROCESO

10 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se relaciona con un proceso químico en el que se emplea una concentración determinada de cloruro de sodio y cloruro de calcio que se aplican en una cantidad de heces fecales, bien sea de origen animal como humano, bajo un diseño experimental hasta obtener un compost de residuos sólidos microbiológicamente inocuos, en donde el proceso se caracteriza porque permite el mejoramiento de suelos por medio del uso de una cantidad predeterminada de cloruro de sodio (NaCl) que permite aumentar los iones de sodio de las heces, junto con una cantidad predeterminada de cloruro de calcio (CaCl₂) que permite hacer un agotamiento de la humedad o el agua presente en la materia prima, con lo cual se elimina la mayor cantidad de microorganismos presentes en las heces modificando el pH de las mismas y poder así destruir la pared celular de las bacterias presentes. La presente invención también está dirigida a una composición química que es usada en el proceso químico

- 5 previamente definido, en donde dicha composición se mezcla con la materia prima
proveniente de las heces y permite obtener el producto tipo compost para el uso
en suelos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10

El uso de residuos humanos o animales para compost y así obtener un producto
que puede ser aplicado para el mejoramiento o abono de suelos, es ampliamente
conocido en el estado del arte, y es una técnica comúnmente utilizada en varias
zonas con el fin de obtener un suelo adecuado para la siembra de una pluralidad
15 de variedades vegetales, bien sea florales, frutales, etc., teniendo en cuenta la
cantidad de minerales, vitaminas y demás características y propiedades que
contienen las heces provenientes de humanos y/o animales.

Sin embargo, cuando se utiliza este tipo de materia prima para mejorar la calidad
20 de los suelos y favorecer la siembra y cultivo de flora, es importante tener en
cuenta que dicha materia proveniente de las heces debe ser procesada con el fin
de reducir la acidez de la misma y evitar que contrario a lo deseado, el suelo se
vea afectado y se pierdan todas las propiedades volviendo el terreno totalmente
no apto para la siembra.

5

De otra parte, el crecimiento exponencial de la población en las áreas rurales donde no se disponen de servicios públicos, la disposición de aguas residuales y residuos humanos expuestos al

representa una problemática de salud pública compleja, especialmente en
10 sectores marginales que padecen de enfermedades y que están en un círculo vicioso para lograr las soluciones sanitarias concretas, y la escasez de agua constituye un agravante de esta situación. Así, las condiciones que tienen los campesinos para desarrollar la actividad agropecuaria, las disponibilidades de los recursos de fertilización para cultivos son muy bajas y los pocos recursos hídricos
15 son sobreexplotados.

Así mismo, el vertimiento de aguas residuales en posas profundas es otra opción muy frecuente en zonas rurales, trayendo como consecuencia la filtración de estas aguas residuales al subsuelo, contaminándolo así con bacterias patógenas al
20 agua potable. El uso de la excreta está dado por su valioso contenido de nutrientes el cual es destinado para las plantas, pero representa un vector importante de contaminación microbiana a través de las plantas, de las aguas residuales y de las aguas del sub-suelo a través de los lixiviados.

5 De acuerdo con lo anterior, con el fin de realizar un procesamiento a la materia
prima proveniente de las heces humanas y/o animales, el principio que actúa
sobre los residuos orgánicos es la deshidratación de los sólidos a través del
contenido de las sales, y además, la concentración de sales destruye la bomba de
sodio y potasio de la célula bacteriana, provocando su lisis. En la mayoría de los
10 métodos que se utilizan actualmente, el manejo de los residuos sólidos destinados
al compostaje no son lo suficientemente inocuos desde el punto de vista
microbiológico, lo cual se convierte en vector importante de contaminación de los
suelos y cultivos; y luego es transferido a los animales y a los alimentos, en la
producción primaria de la cadena alimentaria del hombre.

15

En Ibadan, la segunda ciudad más grande de Nigeria, se instaló una planta de
producción de Biogás a partir de residuos excrementales de humanos y animales,
como fuente de energía alternativa. Esta planta es considerada una de la más
grande del continente africano y provee gas a más de 5.400 familias, con un costo
20 de una cuarta parte del gas natural licuado. Esta planta tiene un sistema
anaeróbico que consta de un digestor de película fija, en el cual un
microorganismo activo ataca en un medio inerte. Este digestor acorta el tiempo de
digestión lo cual permite que este sea más compacto, en donde la digestión se
lleva a cabo en dos etapas: las bacterias acidogénicas y ácido acéticas. Estas

5 bacterias metabolizan estos compuestos en presencia de gas rico en metano, fósforo y lodos cargados de Nitrógeno, los cuales son excelentes fertilizantes. Dependiendo de la temperatura y humedad esto toma cerca de 6 - 25 días para completar el proceso. Los productos finales son cerca de 60 - 70% de metano y cerca de 20 - 30% de CO₂, con pequeñas cantidades de H₂S y otras impurezas. A

10 pequeña escala los biodigestores tienen un precio de U\$ 100 a U\$1.700. Cerca del 60% de los Ibadaneses toman agua de los pozos de aguas subterráneas contaminadas y cerca del 15% tienen pozos privados tomando directamente de acuíferos. Los residuos de los mataderos llevan grandes cantidades de microorganismos patógenos que causan enfermedades a humanos y animales

15 (Brown, V. Biogas: “*A Bright idea for Africa*”. Environmental Health Perspective; 2006; 114,5; ProQuest. Pg. A 300).

Así las cosas, en el estado del arte existe una pluralidad de divulgaciones relacionadas con procesos o métodos para el procesamiento de materias primas

20 de heces o residuos orgánicos con el fin de obtener compost o un producto adecuado para el mejoramiento de suelos, dentro de los que se encuentra el documento “*Impact of sodium chloride on Escherichia coli O157:H7 and Staphylococcus aureus analysed using transmission electron microscopy*”, Food Microbiol. Agosto 2006; 23(5):446-52. Epub Octubre 2005, el cual describe el

5 efecto que tiene el cloruro de sodio a concentraciones superiores al 10% sobre el crecimiento y la morfología celular de la E. coli y otros microorganismos patógenos. En el estudio descrito en dicho documento se analizan diferentes concentraciones de cloruro de sodio para determinar en qué momento deja de fomentar el crecimiento bacteriano y comienza a matar las células, así como
10 también las causas por las cuales se mueren las células en presencia de altas concentraciones de cloruro de sodio.

De otra parte, el documento "*How do salt and sugar prevent microbial spoilage*" (<https://www.scientificamerican.com/article/how-do-salt-and-sugar-pre/>) explica cómo y
15 por qué las altas concentraciones de sal y/o azúcar inhiben el crecimiento de ciertos microorganismos patógenos, con el fin de entender las cantidades adecuadas para obtener un resultado microbiano adecuado.

Así mismo, el documento "*Effect of sodium nitrite and sodium chloride on growth of lactic acid bacteria*", Acta vet. Scand. 1992, 33, páginas 27-32 de H. Korkeala, T. Alanko y T. Tiusanen, divulga un estudio donde se evalúa el efecto que tienen el nitrito de sodio y el cloruro de sodio sobre algunas bacterias ácido lácticas. En él
20 se establece que a concentraciones de cloruro de sodio superiores al 3% es posible inhibir completamente el crecimiento de bacterias ácido lácticas dañinas.

5

Sin embargo, es importante tener en cuenta el hecho que el estudio realizado en esta divulgación no se refiere a E. coli u otras bacterias presentes en las heces humanas, donde las heces son las adecuadas para el mejoramiento de suelos, es decir, donde se partiría de dichas excretas para obtener un suelo más adecuado e inocuo.

10

Adicionalmente, el documento "*Metabolic Shift of Escherichia coli under Salt Stress in the Presence of Glycine Betaine*", Appl. Environ. Microbiol. Agosto 2014; 80(15): 4745-4756, enseña un estudio sobre los cambios metabólicos de la E. coli causados por el estrés al ser sometida a altas concentraciones de sal. Este estudio se enfoca en la industria de alimentos y busca determinar si algunos de los compuestos adicionales que están presentes en los alimentos pueden actuar como osmoprotectores, tras lo cual se determina el nivel de sal necesario para inhibir el crecimiento de la E. coli en presencia de estos tipos de compuestos

15
20

Sin embargo, al igual que con el documento definido anteriormente, esta divulgación no se refiere a otras bacterias presentes en las heces humanas, lo cual es indeseado porque no se tiene en cuenta todo el espectro de bacterias que

- 5 pueden provenir de la materia prima a usar para el mejoramiento de suelos, es decir las heces de origen humano y/o animal.

De otra parte, se tiene el documento US5228984A que divulga un sistema de compostaje de heces y orina de tratamiento, en donde las heces humanas son
10 recogidas en un retén de compostaje y expuestas a suficiente aire y agua para permitir las heces al compostaje, formando así, un producto de compost. Así mismo, la orina se recoge en un retén de tratamiento de orina que por lo menos parcialmente se reparte desde el retén de compostaje y en la cual la orina pasa a través de un substrato apoyando las bacterias nitrificantes aerobias, nitrificantes
15 de tal modo una porción significativa de los iones de amonio en la orina con producto líquido forma.

Sin embargo, es importante tener en cuenta el hecho que en este tipo de divulgaciones, aunque son inocuas desde el punto de vista microbiológico, los
20 investigadores que han utilizado el sistema de cal (CaO), no pueden garantizar la ausencia completa de patógenos y parásitos en los residuos sólidos, lo que lo convierte en un vector de contaminación cruzada al ser utilizado como compostaje en la producción primaria de alimentos, hecho que es indeseable.

5 Finalmente, en el estado del arte se encuentra la patente US5192428A que
enseña un sistema portátil para el tratamiento de los desechos humanos, el cual
comprende un retenedor compostaje que incluye un medio compostaje para
exponer las heces para aire y agua suficientes para permitir que las heces se
puedan usar en compostaje, formando así un producto de compost.

10

De acuerdo con la información contenida en el estado del arte y que se muestra
en los párrafos anteriores, es importante tener en cuenta el hecho que si bien para
el experto con habilidad en la materia ya era sabido que agregar cloruro de sodio
en altas concentraciones podía eliminar la presencia de microorganismos
15 patógenos, estas técnicas se aplicaban solamente a los alimentos, por lo que no
hay referencia de su uso en métodos para esterilizar heces humanas con el fin de
utilizarlas como compostaje de manera segura, mediante el uso de componentes
para mezclado con la materia prima, los cuales sean de fácil acceso sin importar el
lugar donde se quiera realizar el proceso, y donde se asegure que el resultado
20 obtenido sea adecuado para aplicar en los suelos sin tener problemas posteriores
de contaminación de los alimentos o de las aguas que pasan por los alrededores y
que luego van a ser usadas para el consumo humano, evitando inconvenientes de
salud pública.

5 Así mismo, es claro que existe un problema relacionado con el hecho que en los métodos convencionales utilizados para la esterilización del material orgánico no se ha logrado la inocuidad completa del material, lo cual lo convierte en vector de contaminación para los efluentes mencionados anteriormente. Además, el uso de las heces para hacer compost era bien conocido, pero se presenta una serie de
10 problemas con las técnicas usadas en la actualidad, los cuales se relacionan con el hecho que el subsuelo y el suelo (es decir, la capa orgánica) se afectan por la contaminación, donde este problema se había intentado resolver por medio del uso de cualquier tipo de óxido de calcio (comúnmente conocido como cal), pero esto no era suficiente, toda vez que la contaminación existía y se afectaba la flora
15 por los altos valores de pH que se siguen manejando en el material proveniente de las heces humanas y/o animales.

En los métodos convencionales utilizados para la esterilización del material orgánico no se ha logrado la inocuidad completa del material, lo cual lo convierte
20 en vector de contaminación para los efluentes, el suelo y subsuelo. Por el contrario, el proceso utilizado para esta invención soluciona este problema técnico reduciendo a cero (0) la población microbiana patógena, haciendo inocuo los residuos.

5 Lo anterior se traduce en un problema relacionado con enfermedades en humanos, ya que se afectan y se contamina el agua, especialmente en niños que son la población más vulnerable porque se encuentran la mayor cantidad de tiempo en contacto con el agua alrededor de los campos o suelos donde se ha realizado el proceso de tratamiento con heces.

10

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un proceso que resuelve el problema técnico de reducir a cero (0) la destrucción microbiana patógena, haciendo inocuo los
15 residuos; teniendo en cuenta que los métodos convencionales utilizados para la esterilización del material orgánico no han logrado la inocuidad completa del material que se obtiene de las excretas, lo cual lo convierte en vector de contaminación para los efluentes, para el suelo y el subsuelo.

20 El principio que actúa sobre los residuos orgánicos son las altas concentraciones de Sodio que alteran el gradiente de concentración de iones sodio (Na^+) tanto en el exterior como en el interior de la célula. En este caso, los iones de sodio afectan más el exterior de la célula bacteriana por efecto del incremento de la presión osmótica, pues, la célula bacteriana para compensar y buscar el equilibrio iónico,

5 promueve la salida de moléculas de agua desde su interior trayendo como
consecuencia su deshidratación, además de su desequilibrio electrolítico,
afectando todos sus mecanismos celulares y finalmente su lisis. Este es un
proceso químico que permite obtener un insumo importante para el compost y que
se caracteriza por la reducción abrupta de la población microbiana patógena
10 presentes en él.

La presente invención se basa en el uso de una composición que comprende dos
reactivos: cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2), mezclados con
heces fecales de humanos en unas cantidades predeterminadas que permiten
15 obtener un compost adecuado para el mejoramiento de suelos y en donde, como
factor importante, se evita la contaminación tanto del subsuelo, como del suelo
(capa orgánica) y se evita que la contaminación de las heces llegue a las aguas
circundantes, ya que se elimina la presencia de microorganismos y se obtiene un
producto ideal.

20

Los resultados de la presente invención son unos residuos sólidos, una vez se
hayan aplicado las sales durante el tiempo previsto en el proceso, los cuales
pueden ser destinados como material para compostaje, especialmente en la
recuperación de suelos ácidos, debido a su pH alcalino, en donde este material es

- 5 rico en nutrientes con alto contenido de nitrógeno y minerales que enriquecen los suelos al ser fijados en él.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 10 La presente invención se entiende de forma más clara a partir de las siguientes figuras donde se muestran los componentes y resultados asociados a este proceso, así como los elementos novedosos con respecto al estado del arte, en donde, la figuras no pretenden limitar el alcance de la invención, el cual está únicamente dado por las reivindicaciones adjuntas, en donde:

15

La Figura 1 corresponde a un diagrama de flujo del proceso químico de acuerdo con la invención.

- La Figura 2 corresponde a los resultados microbiológicos de las heces en el
20 diseño experimental completo que incluye en el tratamiento uno cloruro de sodio (NaCl) + cloruro de calcio (CaCl_2), en el tratamiento dos bicarbonato de sodio (NaHCO_3), y en el tratamiento tres con dióxido de carbono sólido (CO_2), cada una con tres concentraciones respectivas; mostrando como evidencia la lisis de los microorganismos en el tratamiento uno.

5

La Figura 3 corresponde a un gráfico que muestra el comportamiento de los datos obtenidos bajo la curva normal.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un proceso químico para la obtención de un producto tipo compost a partir de residuos sólidos microbiológicamente inocuos, preferiblemente a partir de heces de origen humano y/o animal, en donde dicho

15 proceso comprende los siguientes pasos:

- a. Recepción de excretas,
- b. analizar las heces recibidas en contenido de lípidos, proteínas, humedad, cenizas y pH;
- 20 c. homogeneizar las muestras del paso b);
- d. adicionar a las heces analizadas una mezcla que contiene cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2);
- e. homogeneizar las muestras del numeral d) para estandarizar la mezcla;

- 5 f. dejar reposar la mezcla homogenizada por un periodo mayor a 24 horas, preferiblemente mayor a 72 horas sin límite superior, ya que entre mayor tiempo se repose la mezcla, mejores resultados se pueden obtener;
- g. realizar análisis microbiológico de la mezcla del numeral e) para el contenido de microorganismos *lactosa negativo*, *sorbitol negativo*,
10 *shiguelia ssp*, *salmonella*, *Vibrio cholerae*, *E. Coli*, *Providencia reigelli* y *levaduras*; y
- h. obtención del compost.

De acuerdo con lo anterior, al aplicar todos los pasos que forman parte del
15 proceso de la presente invención como se definen previamente, se obtiene una reducción considerable de la actividad acuosa (*Aw* por sus siglas en inglés), donde el experto en la materia conoce claramente que cuando se reduce dicha actividad acuosa a niveles por debajo de 11% las bacterias permanecen en estado de latencia, pero se da paso al crecimiento de mohos y levaduras, las cuales también
20 son eliminadas en la presente invención, debido a las concentraciones de las sales presentes en las muestras.

- 5 En la presente invención, las cantidades de cloruro de sodio (NaCl), y cloruro de calcio (CaCl_2) adicionadas y que se definen en el paso d) son de proporciones iguales para cada una de las concentraciones:

10 En las concentraciones compuestas por un 25% de la mezcla de cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2) en 100 gramos de heces.

En las concentraciones compuestas por un 75% de la mezcla de cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2) en 100 gramos de heces.

15 En las concentraciones compuestas por un 100% de la mezcla de cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2) en 100 gramos de heces.

Ahora bien, cuando se lleva a cabo el paso d) del proceso, es decir, la inclusión de los compuestos químicos a las heces de origen humano y/o animal, en
20 condiciones aeróbicas se permite la homogenización del producto por medio de la adición del cloruro de sodio (NaCl), y cloruro de calcio (CaCl_2); luego de este paso, la mezcla se debe dejar en reposo de 24 a 72 horas tal y como se muestra en el paso f), para luego pasar al paso g) en donde se realiza el análisis microbiológico de la mezcla, para detectar el contenido de microorganismos, *lactosa negativo*,

- 5 *sorbitol negativo, shiguella ssp, salmonella, Vibrio cholerae, E. Coli, Providencia reigelli y levaduras.*

Así las cosas, luego de realizar todos los pasos del proceso químico definido previamente, se obtiene un producto tipo compost microbiológicamente inocuo,
10 que puede ser utilizado en el tratamiento de suelos permitiendo un mejoramiento de los mismos y evitando la contaminación del subsuelo, de la capa orgánica y de las aguas que se encuentran en las cercanías del suelo donde se aplica dicho producto tipo compost, donde se permite el aprovechamiento de todos los nutrientes provenientes de la materia prima (heces de origen humano y/o animal)
15 pero donde también se asegura la eliminación adecuada de microorganismos contaminantes del suelo y el agua.

Preferiblemente, el proceso químico de la presente invención se puede realizar en cualquier tipo de áreas, bien sea urbanas o rurales, y su objetivo específicamente
20 es ese, es decir, permitir que el proceso pueda ser llevado en áreas de difícil acceso y donde los elementos especializados son difíciles de conseguir, con el fin de permitir que el tratamiento de suelos se realice de forma adecuada y se pueda reducir los niveles de contaminación de dichos suelos y de las aguas que son de consumo humano en dichas áreas.

5

En este sentido, el proceso puede ser llevado a cabo a cualquier temperatura, es decir, en cualquier clima, y a cualquier presión, preferiblemente atmosférica, teniendo en cuenta que en las áreas a donde se destina para usar el proceso no se cuentan con máquinas de control de temperatura ni cámaras de presión que
10 permitan obtener un resultado específico, al tiempo que se ayuda con el tema social y se puede usar en zonas aisladas sin recursos.

De otra parte, la presente invención también está dirigida a una composición para ser usada en un proceso químico para la obtención de un producto tipo compost
15 para el mejoramiento de suelos a partir de residuos sólidos provenientes de heces de origen humano y/o animal, en donde la composición comprende:

- Cloruro de sodio (NaCl) y
- Cloruro de calcio (CaCl_2),

20

En la presente invención, la cantidad de los dos componentes que forman parte de la composición química es la misma, es decir, tienen proporciones iguales, por lo que en una muestra de 100 gramos de heces el 25% de la muestra sería 25

- 5 gramos de la mezcla de compuestos químicos, la cual estaría dividida en 12.5 gramos de Cloruro de Sodio (NaCl) y 12.5 gramos de Cloruro de Calcio (CaCl_2).

Las concentraciones de la mezcla de cloruro de sodio (NaCl) y cloruro de calcio (CaCl_2) siempre deben tener proporciones iguales de acuerdo con lo anterior y así

10 sucesivamente para concentraciones compuestas por un 75% de la mezcla y un 100% de la mezcla.