



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 226 515**

② Número de solicitud: 200200161

⑤ Int. Cl.  
**B09C 1/10** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **24.01.2002**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2005**

Fecha de la concesión: **21.04.2006**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **16.05.2006**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2006**

⑰ Titular/es: **Ana Jara Montes**  
**c/ Melchor Fernández Almagro, nº 103**  
**Piso 14, Puerta 1**  
**28029 Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **Jara Montes, Ana**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Método para la descontaminación de suelos contaminados con metales pesados mediante el empleo de residuos procedentes de la elaboración de la cerveza.**

㉑ Resumen:

Método para la descontaminación de suelos contaminados con metales pesados mediante el empleo de residuos procedentes de la elaboración de la cerveza.

El método comprende aplicar a dicho suelo contaminado con uno o más metales pesados un residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza, tal como levaduras frescas obtenidas después del proceso de fermentación de la cerveza, el residuo que se genera en los tanques de clarificación de la cerveza, o sus mezclas, opcionalmente compostado. De aplicación en la descontaminación biológica de suelos contaminados.

ES 2 226 515 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Método para la descontaminación de suelos contaminados con metales pesados mediante el empleo de residuos procedentes de la elaboración de la cerveza.

### 5 **Campo de la invención**

La invención se relaciona con la descontaminación de suelos contaminados con metales pesados mediante el empleo de residuos procedentes del proceso de elaboración de la cerveza.

### 10 **Antecedentes de la invención**

15 Bajo la denominación de metales pesados se incluyen una serie de metales y metaloides de la Tabla Periódica de elementos con propiedades metálicas y potencialmente tóxicos. Entre ellos, Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pd, Pt, Te, Tl, Sb, Se, Sn y Zn son considerados elementos de carácter tóxico.

20 La contaminación de los suelos por metales pesados, procedentes de actividades fundamentalmente antrópicas, supone un importante problema tanto para el medio ambiente como para la salud pública. Los metales pesados son sustancias altamente tóxicas, no biodegradables, que pueden acumularse en los organismos vivos. Cuando están presentes en el suelo, son fijados inicialmente por las plantas y, de este modo, comienza su transferencia a lo largo de la cadena trófica, transferencia caracterizada por una bioamplificación, lo que significa que el hombre, último eslabón de la cadena trófica, padecerá una mayor concentración de la sustancia tóxica que los organismos de niveles inferiores.

25 Para evaluar la contaminación real del suelo por metales pesados y su toxicidad para los seres vivos, es necesario tener en cuenta la fracción de metal asimilable por los organismos, denominada fracción biodisponible, que comprende la fracción soluble, que se encuentra en solución en el suelo, y la fracción cambiante, que en cualquier momento puede ser transferida a la fase soluble y ser asimilada por los organismos vivos y pasar a la cadena trófica.

30 Para resolver este importante problema de contaminación, es necesario proceder a descontaminar los suelos contaminados con metales pesados. Para ello se han desarrollado diversas técnicas que pueden agruparse en las denominadas técnicas de aislamiento de la contaminación y las denominadas técnicas de descontaminación. Dentro de estas últimas se puede diferenciar entre los métodos químicos (los más extendidos) y los métodos biológicos, también llamados de biorremediación o biorrecuperación.

35 Entre los métodos químicos se encuentran los métodos basados en la extracción por fluidos (aireación y lavado), que comprenden la separación de los contaminantes mediante la acción de un fluido, y los métodos de tratamiento electroquímico, que comprenden el desplazamiento de los contaminantes mediante la creación de campos eléctricos. Sin embargo, todos ellos presentan una serie de desventajas, tales como su elevado coste y agresividad frente al medio ambiente.

40 Los métodos biológicos son menos costosos y más respetuosos con el medio ambiente y tratan de reproducir y simular los procesos de integración ecosistémica de residuos optimizando rendimientos. Estos métodos emplean microorganismos y plantas para eliminar metales pesados del suelo. El más conocido de ellos, el denominado método de fitorremediación, consiste en el empleo de plantas hiperacumuladoras capaces de acumular elevadas concentraciones de metales pesados en su interior.

45 Aunque existen alternativas biológicas para descontaminar suelos contaminados con metales pesados, sigue existiendo la necesidad de desarrollar métodos biológicos alternativos para reducir o eliminarla contaminación de suelos contaminados con metales pesados con el fin de incrementar el arsenal de medios para combatir el importante problema que representa la contaminación de suelos por metales pesados.

### 50 **Compendio de la invención**

La presente invención se enfrenta con el problema de proporcionar un método biológico alternativo para descontaminar suelos contaminados con metales pesados.

55 La solución proporcionada por esta invención se basa en que los inventores han observado que la aplicación a suelos contaminados con metales pesados de residuos procedentes del proceso de elaboración de la cerveza permite eliminar, o reducir, eficientemente la contaminación por metales pesados presente en un suelo contaminado por tales metales.

### **Descripción detallada de la invención**

65 La invención proporciona un método para la descontaminación de un suelo contaminado con uno o más metales pesados, en adelante método de la invención, que comprende aplicar un residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza, opcionalmente compostado, a dicho suelo contaminado con uno o más metales pesados.

Tal como se utiliza en esta descripción, el término “suelo contaminado con uno o más metales pesados” incluye

## ES 2 226 515 B1

a todo tipo de suelo, independientemente de su origen, por ejemplo, suelo agrícola, minero, industrial, urbano, etc., contaminado con uno o más metales pesados.

Asimismo, el término “metales pesados”, tal como se utiliza en esta descripción incluye metales y metaloides de la Tabla Periódica de elementos con propiedades metálicas y potencialmente tóxicos. Entre los metales pesados de carácter tóxico se encuentran Ag, As, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pd, Pt, Te, Tl, Sb, Se, Sn y Zn. En general, los metales pesados más significativos son Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn. El término “metal pesado” incluye a cualquier forma química de dicho metal así como a cualquiera de sus estados de oxidación, que puede estar presente en el suelo contaminado.

El residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza, en adelante residuo cervecero, que puede utilizarse para la puesta en práctica del método de la invención puede ser cualquier residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza que comprende materia orgánica, incluyendo biomasa microbiana, típicamente, biomasa de levaduras utilizadas en el proceso de elaboración de la cerveza. En una realización particular, dicho residuo cervecero se selecciona del grupo formado por (i) las levaduras frescas que se obtienen como residuo después del proceso de fermentación, (ii) el residuo de los tanques de clarificación de la cerveza, que comprende tierra de diatomeas o roca silíceas y levaduras procedentes del proceso de elaboración de la cerveza, y (iii) mezclas de (i) y (ii).

El residuo cervecero puede utilizarse compostado o no compostado. En una realización particular, dicho residuo cervecero se utiliza compostado, para lo cual el residuo cervecero se somete a un proceso previo de compostaje antes de su empleo en el método de la invención. El compostaje de dicho residuo puede realizarse por métodos convencionales, mezclando dicho residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza con otro sustrato adecuado, por ejemplo, un residuo vegetal (véase el Ejemplo 1, apartado 1.1).

Para la puesta en práctica del método de la invención, dicho residuo cervecero, opcionalmente compostado, se aplica sobre el suelo contaminado con uno o más metales pesados en una cantidad eficaz para reducir o eliminar la contaminación presente en dicho suelo antes del tratamiento con el método de la invención. Tal como se utiliza en esta descripción, la expresión “cantidad eficaz para reducir o eliminar la contaminación presente en dicho suelo antes del tratamiento” debe entenderse como la cantidad de residuo cervecero, opcionalmente compostado, a aplicar a un suelo contaminado con uno o más metales pesados que es capaz de reducir o eliminar la cantidad de metal pesado biodisponible (fracción de metal pesado que se encuentra en la solución del suelo y que es accesible a los organismos vivos y responsable de su efecto contaminante) en una cantidad de, al menos, un 10%, preferentemente, al menos un 50%, más preferentemente, al menos, un 90%, y, aún más preferentemente, al menos, un 95%, respecto a la cantidad contenida inicialmente en el suelo contaminado antes del tratamiento con dicho residuo, opcionalmente compostado.

El método de la invención se puede llevar a cabo utilizando una relación, en volumen, suelo:residuo cervecero opcionalmente compostado adecuada, de forma que aporte la cantidad eficaz de residuo para reducir o eliminar la contaminación presente en el suelo contaminado. Esta relación puede fijarse fácilmente por los técnicos en la materia a la vista de diversos factores, por ejemplo, cantidad y naturaleza de los metales pesados presentes en el suelo a tratar, tipo de residuo cervecero a aplicar, etc. El método de la invención puede realizarse dentro de un amplio intervalo de temperaturas, por ejemplo, entre -20°C y +40°C. El suelo a tratar y el residuo cervecero, opcionalmente compostado, se mantienen, normalmente a temperatura ambiente y al aire libre, durante un periodo de tiempo suficiente como para reducir la cantidad de metal biodisponible respecto a la cantidad presente inicialmente en el suelo contaminado, para lo cual se pueden ir efectuando periódicamente las determinaciones pertinentes.

La reducción en metal pesado biodisponible, equivalente a la descontaminación que se produce en el suelo contaminado, se cree que es debida, entre otras causas, a la capacidad que presenta la materia orgánica presente en los residuos cerveceros, opcionalmente compostados, utilizados para la puesta en práctica del método de la invención, de acomplejar cationes metálicos. Se ha observado que la capacidad de reducir el contenido en metales pesados biodisponibles de un suelo contaminado es mayor cuando dichos residuos cerveceros son previamente compostados [véase el Ejemplo 1, Tablas 2 y 3]. Este efecto parece ser debido al mayor porcentaje de materia orgánica humificada (% MOH) que presentan los residuos compostados, respecto al de los residuos no compostados (véase el Ejemplo 1, Tabla 1). Este mayor efecto descontaminante de los residuos compostados parece ser debido a que los residuos compostados producen una mayor retención de metales pesados debido, probablemente, a que los grupos funcionales presentes inicialmente en el residuo sin compostar se transforman en otros grupos funcionales con mayor capacidad de formar complejos estables con los cationes metálicos.

El método de la invención puede llevarse a cabo *ex situ* (es decir, fuera de su lugar de origen) o *in situ* (es decir, en su propio lugar de origen). En una realización particular (*ex situ*), una muestra de suelo contaminado con uno o más metales pesados se trata en laboratorio, a temperatura ambiente (15-25°C) mediante la aplicación de un residuo cervecero, opcionalmente compostado, en una cantidad eficaz para reducir o eliminar la contaminación del suelo y, una vez conseguido este objetivo, para lo cual se efectúan las determinaciones analíticas pertinentes, el suelo descontaminado, o con una carga en metal o metales pesados reducida, se devuelve a su lugar de origen. En otra realización particular (*in situ*) se descontaminó una superficie de un suelo de mina, cuyo contaminante mayoritario era cobre y cuya biodisponibilidad era de 294 ppm (véase el Ejemplo 1).

El método de la invención, es un método biológico que, de forma económica, sencilla y respetuosa con el medio ambiente, reduce la contaminación de suelos de metales pesados tóxicos para la salud pública. Este método comprende,

## ES 2 226 515 B1

asimismo, una valorización de uno de los residuos cerveceros, en concreto del residuo procedente de los tanques de clarificación de la cerveza (fracción K), para el que actualmente no se conoce ninguna aplicación.

El siguiente ejemplo sirve para ilustrar la invención y no debe ser considerado limitativo del alcance de la misma.

### 5 Ejemplo 1

*Ejemplo comparativo de descontaminación del suelo de una mina de cobre con las fracciones L, LC y KC*

#### 10 1.1 Materiales

*Suelo:* Suelo (S) contaminado procedente de una mina de cobre (mina “Fernandito”, término municipal de Garganta de los Montes, Madrid).

15 *Residuos cerveceros:* Residuos procedentes de una fábrica de cerveza, en particular, levadura fresca y el residuo procedente de los tanques de clarificación de la cerveza. Una fracción de levadura se conservó fresca para que se mantuviera viva en una nevera a 4°C (fracción L).

20 *Residuos compostados:* Una fracción de levadura fresca, así como el residuo procedente de los tanques de clarificación de la cerveza (fracción K), se sometieron, por separado, a un proceso de compostaje aerobio convencional (Tchobanoglous *et al.*, Gestión integral de Residuos sólidos, Vigil Ed., (1996) McGraw Hill), debidamente modificado, dando origen a las fracciones de levadura compostada (LC) y de residuo procedente de los tanques de clarificación compostado (KC), respectivamente. Brevemente, a cada fracción L y K a compostar se le añadió una cantidad de serrín de, aproximadamente, el 50%, en volumen, respecto al volumen de cada fracción a compostar y la temperatura se mantuvo durante 3 días consecutivos a 40°C, con el fin de favorecer y acelerar el proceso de compostaje. Transcurrido ese tiempo la temperatura se mantuvo entre 20°C y 25°C aproximadamente durante 1 mes. Debido a la textura plástica de los residuos a compostar y al elevado grado de humedad, fue necesario remover las pilas para favorecer la circulación de oxígeno y, consecuentemente, la humificación de los residuos, y, además, eliminar reiteradamente el exceso de agua generada, lo que se hizo por decantación.

#### 30 1.2 Métodos

La muestra de suelo (S) se divide en 4 fracciones:

- 35 a) una fracción sirve como muestra control para compararla con el resto de las muestras de suelo tras su tratamiento con las fracciones L, LC y KC, respectivamente, y evaluar el grado de descontaminación alcanzado en cada muestra de suelo tratada mediante la determinación de la reducción en la cantidad de cobre biodisponible; y
- 40 b) a las otras tres fracciones, iguales, de suelo (S), se les aplicaron las 3 fracciones L, LC y KC, respectivamente, en relaciones volumétricas suelo:fracción (L, LC o KC) de 1:2. Tras mezclado hasta homogeneidad, las mezclas resultantes se humidificaron y se dejaron durante 15 días a una temperatura comprendida entre 20°C y 25°C al aire libre.

45 Las determinaciones analíticas para la caracterización de las fracciones se realizaron en laboratorio de la siguiente manera:

*pH:* (en agua y en KC1): empleando un medidor de pH o pHmetro;

50 *% MOH:* mediante oxidación húmeda del carbono orgánico por exceso de dicromato potásico, en medio fuertemente sulfúrico, utilizando el calor de dilución de este ácido para facilitar la oxidación; el exceso de dicromato se valoró con sulfato ferroso amoniacal en presencia de ácido fosfórico, utilizando difenilamina como indicador; y

55 *biodisponibilidad de Cu:* empleando como extractante Lakanen-Ervio y espectroscopía de absorción atómica con llama.

#### 1.3 Resultados

60 En la Tabla 1 se recoge la caracterización, en cuanto a valor de pH y % MOH, presente en las distintas fracciones de suelo y residuo cervecero utilizadas en la realización de este ensayo.

## ES 2 226 515 B1

TABLA 1

*Caracterización del suelo (S) y las fracciones L, LC y KC*

Fracción	pH		% MOH
	H <sub>2</sub> O	Kcl	
S	5,7	4,7	3,6
L	5,8	4,8	14,9
LC	5,8	4,9	18,2
KC	5,9	4,8	9,5

S: suelo; L: levaduras vivas sin compostar; LC: levaduras compostadas; KC: residuo procedente de los tanques de clarificación de la cerveza compostado.

En la Tabla 2 se recoge el porcentaje de reducción de Cu biodisponible en las distintas fracciones de suelo (S), tras la aplicación de levaduras frescas (L), levaduras compostadas (LC) y residuo procedente de los tanques de clarificación de la cerveza compostado (KC).

TABLA 2

*Reducción de Cu biodisponible en las distintas fracciones de suelo*

Fracción	% de reducción biodisponibilidad del Cu
S+L	17
S+LC	29
S+KC	26

S+L: fracción de suelo (S) a la que se le aplicó una fracción L

S+LC: fracción de suelo (S) a la que se le aplicó una fracción LC

S+KC: fracción de suelo (S) a la que se le aplicó una fracción KC

En la Tabla 3 se recoge la biodisponibilidad del Cu en el suelo (S), inicialmente, y la biodisponibilidad del Cu en cada fracción de suelo tras la aplicación de las fracciones L (S+L), LC (S + LC) y KC (S + KC).

TABLA 3

*Biodisponibilidad del Cu*

Fracción	Biodisponibilidad del Cu (ppm)
S	294
S+L	244
S+LC	210
S+KC	218

En todos los casos se observa una reducción en la biodisponibilidad del Cu, reducción que es más significativa cuando se utilizan los residuos cerveceros compostados (LC y KC).

# ES 2 226 515 B1

## REIVINDICACIONES

5 1. Un método para la descontaminación de un suelo contaminado con uno o más metales pesados, que comprende aplicar a dicho suelo contaminado con uno o más metales pesados un residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza, opcionalmente compostado.

10 2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza se selecciona del grupo formado por (i) levaduras frescas obtenidas después del proceso de fermentación de la cerveza, (ii) el residuo que se genera en los tanques de clarificación de la cerveza, y (iii) mezclas de (i) y (ii).

3. Método según la reivindicación 1, en el que dicho residuo procedente del proceso de elaboración de la cerveza está compostado.

15 4. Método según la reivindicación 1, en el que dicho metal pesado se selecciona entre Ag, As, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pd, Pt, Te, Tl, Sb, Se, Sn, Zn y sus mezclas, en cualquier forma química y en cualquiera de sus estados de oxidación.

20 5. Método según la reivindicación 1, en el que la aplicación del residuo sobre el suelo a tratar se realiza *ex situ* o *in situ*.

25

30

35

40

45

50

55

60

65



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 226 515

② N° de solicitud: 200200161

③ Fecha de presentación de la solicitud: **24.01.2002**

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: B09C 1/10

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	US 5968359 A (KRAHN, R. et al.) 19.10.1999, todo el documento.	1,2,4,5 3
Y	JP 2000254635 A (OH BAYASHI CORP; GREEN TEC KK) 19.09.2000 (resumen) [en línea] [recuperado el 21.02.2005] Recuperado de: EPO EPODOC Database.	3
X	US 5209851 A (HUME, F.; DOWNIE, A.) 11.05.1993, columnas 1-5.	1,2,4,5
X	EP 1155752 A1 (EBARA CORP) 21.11.2001, página 3, líneas 21-26; página 8, líneas 44-51.	1,3,5
A	EP 0601905 A1 (TECHNION RES & DEV FOUNDATION) 15.06.1994, todo el documento.	1-5
A	US 4354937 A (HALLBERG, R.) 19.10.1982, todo el documento.	

#### 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:

<b>Fecha de realización del informe</b> 21.02.2005	<b>Examinador</b> E. Ulloa Calvo	<b>Página</b> 1/1
---	-------------------------------------	----------------------