



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 095 191**

② Número de solicitud: 9500846

⑤ Int. Cl.⁶: C09K 17/04
C05D 5/00

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **04.05.95**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.97**

Fecha de concesión: **15.07.97**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **01.09.97**

⑯ Fecha de publicación del folleto de patente:
01.09.97

⑰ Titular/es: **Acerinox, S.A.**
Fábrica del Campo de Gibraltar
11379 Palmones -Los Barrios-, Cádiz, ES

⑱ Inventor/es: **Ordóñez Fernández, Rafael;**
González Fernández, Pedro;
Giráldez Cervera, Juan Vicente;
Hidalgo Castro, Elisa y
Botella Arboledas, Jaime

⑲ Agente: **González Vacas, Eleuterio**

⑳ Título: **Método para aumentar la producción de cultivos en suelos ácidos.**

㉑ Resumen:

Método para aumentar la producción de cultivos en suelos ácidos.

El método comprende (a) averiguar el pH óptimo para cada cultivo, y (b) añadir la cantidad necesaria de residuo dolomítico (DRC) procedente de la industria del acero para conseguir ese pH óptimo. Dicho DRC se obtiene mediante el derribo de la capa del refractario que reviste a los convertidores AOD utilizados en acerías y cuando se calcina a 1.000 °C tiene un contenido en CaO próximo al 60 por ciento y un contenido en MgO próximo al 40 por ciento en peso respecto al residuo calcinado. El DRC puede utilizarse como encalante y corrector del pH de suelos ácidos y como enmienda de aporte de Mg en suelos deficitarios. La adición de DRC hasta que un suelo ácido alcance el pH ideal para un cultivo ha provocado un aumento de producción de hasta un 75 por ciento en la raíz de rabanitos y un incremento en la producción de biomasa de hasta un 50 por ciento para el girasol.

ES 2 095 191 B1

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

DESCRIPCION

Método para aumentar la producción de cultivos en suelos ácidos.

5 **Campo de la invención**

Esta invención se relaciona, en general, con el aprovechamiento agronómico de residuos procedentes de acerías. En particular, la invención se refiere a un método para aumentar la producción de cultivos en suelos ácidos que comprende su encalado con residuos dolomíticos de convertidor de acerías.

10 **Antecedentes de la invención**

La industria del acero, en particular las acerías que fabrican aceros inoxidables mediante el proceso AOD (Argon-oxygene-Decarburation) genera, entre otros residuos, unos residuos refractarios que poseen una matriz dolomítica rica en Ca y Mg. Estos residuos refractarios se producen a partir de una dolomía sinterizada, que es un material constituido por una mezcla de óxido de cal (CaO) y óxido de magnesio (MgO) con pequeñas cantidades de sílice, alúmina y óxido de hierro. La dolomía sinterizada se obtiene por calcinación a altas temperaturas de la dolomita natural. La fabricación de los ladrillos de dolomía sinterizada se efectúa mediante aglomeración química con alquitrán o por cocción, a través de un proceso que comprende la molienda, clasificación, dosificación, mezclado y prensado. Debido a sus características como refractario, estos ladrillos se utilizan para revestir cucharas y convertidores de la industria del acero, en particular, convertidores AOD.

Cuando la pared de ladrillos dolomíticos refractarios que recubre el convertidor se desgasta, se procede al derribo del convertidor con lo que se obtienen unos ladrillos dolomíticos usados a partir de los cuales se deriva el residuo dolomítico. En general, para una producción de acero inoxidable de 500.000 toneladas métricas (Tm) mediante el proceso AOD, se generan unas 3.000 Tm de residuo dolomítico. Datos proporcionados por los fabricantes de ladrillos dolomíticos refractarios en España, ponen de manifiesto que, en España y Portugal, se consume un total de aproximadamente 24.000 Tm/año de tales ladrillos, que generan entre 4.800 y 9.600 Tm/año de residuos dolomíticos, a los que hay que dar un tratamiento adecuado, ya que tales residuos, por su volumen e importancia, constituyen un serio problema medioambiental cuya solución requiere una gestión adecuada y eficaz de los mismos.

El almacenamiento de estos residuos o su vertido controlado o incontrolado no sólo resulta costoso y complicado sino que además plantea problemas relacionados con la liberación de solutos y la posible contaminación de acuíferos.

Ahora se ha encontrado que estos residuos dolomíticos pueden utilizarse para aumentar la producción de los cultivos en suelos ácidos debido a sus características como correctores del pH de suelos ácidos y como enmienda de aporte de Mg.

Los suelos ácidos no presentan unas condiciones favorables para el desarrollo de la Agricultura. Su fertilidad está limitada por dos factores, concretamente, por la escasa disponibilidad de nutrientes esenciales para la planta, tales como P, S, K, Ca y Mo por una parte, y, por otra, la posible presencia de elementos tóxicos o inhibidores del desarrollo del vegetal, tal como Al y Mn [Bell, L.C. y Edwards, D.G., 1987, *The role of aluminium in acid soil infertility*, en Lathan, M. (de.). Soil Management under Humid conditions in Asia. IBSRAM, Bangkok, 201-223; Clark, R.B., 1984, *Physiological aspects of calcium, magnesium and molybdenum deficiencies in plants*, págs. 99-170, en Adams, F. (De.) Soil Acidity and Liming, 2nd De. Agronomy, 12, ASA, C.S.S.A y S.S.S.A. (Pbl.) Madison, Wisconsin].

Debido a que los suelos ácidos no son favorables para el desarrollo de la mayoría de los cultivos, estos suelos deben ser corregidos hasta un pH adecuado. La corrección de los suelos ácidos se realiza incorporando materiales que neutralizan su acidez. Estos materiales reciben el nombre genérico de cales, por lo que se suele denominar "enclado" a la acción de incorporar cales al suelo.

En general, los materiales utilizados para corregir la acidez de un suelo contienen como neutralizantes óxidos, hidróxidos, carbonatos y silicatos de calcio y/o magnesio [Alcarde, J.C., et al., 1989, *Avaliação da reatividade de corretivos da acidez do solo*, R. Bras.. Ci. Solo, 13, 387-392]. El calcio es el elemento correctivo más utilizado debido a su abundancia natural. Otros enclantes habitualmente utilizados incluyen productos de origen natural, tales como la caliza, la dolomita o la concha de las ostras, y ciertos residuos industriales, tales como las escorias de desfosforación, un subproducto de la industria del acero. El aporte de estos materiales enclantes a los suelos agrícolas ácidos modifica el potencial fertilizante de los mismos debido a la variación en la composición de los nutrientes del suelo.

El empleo de la caliza [carbonato cálcico, CaCO_3] presenta el inconveniente de que la roca, una vez extraída, debe molerse hasta alcanzar el grado de finura adecuado, lo que implica la realización de etapas de trituración y tamizado que inciden en el coste del encalante. Por otra parte, el aumento del pH del suelo tras la adición de la roca caliza molida no es constante ni uniforme en el tiempo, sino que aumenta en los primeros meses post-aplicación.

La dolomita [carbonato doble de calcio y magnesio, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] tiene mayor capacidad de neutralización que la roca caliza pero reacciona con los ácidos del suelo con menor rapidez que la caliza. Al igual que la roca caliza tiene que ser extraída, molida y tamizada antes de su empleo como encalante.

La concha de ostras, de composición similar a la caliza, presenta el inconveniente de que su disponibilidad es pequeña y sólo tiene valor local.

Las escorias de desfosforación, constituidas principalmente por silicato de calcio y algo de carbonato de calcio, son un material muy duro que debe ser molido finamente y no resulta adecuado a no ser que el terreno a encalar esté situado cerca de la instalación productora de dichas escorias y se obtenga a bajo precio.

Frente a todos los inconvenientes señalados en relación con los encalantes utilizados habitualmente, el empleo de los residuos dolomíticos procedentes de la industria siderúrgica presenta, entre otras, no sólo las ventajas relativas a que su obtención no requiere la realización de costosas operaciones de extracción, trituración y transporte desde sus yacimientos, ni plantea problemas de disponibilidad, a la vista de la cantidad de residuos dolomíticos que se pueden generar, sino que además se da un tratamiento adecuado a un importante residuo industrial, con lo que se elimina un serio problema medioambiental, y se efectúa una valorización agronómica de dichos residuos.

Por tanto, esta invención proporciona una solución al problema ocasionado por dichos residuos dolomíticos que comprende su aprovechamiento agronómico, al proporcionar un método para aumentar la producción de los cultivos en suelos ácidos que incluye la adición a dichos suelos de estos residuos dolomíticos en una cantidad adecuada para establecer el pH más adecuado para la asimilación de los nutrientes y el desarrollo óptimo de los cultivos.

Descripción detallada de la invención

El proceso AOD está destinado casi exclusivamente a la fabricación de aceros inoxidables que tienen muy bajos contenidos en carbono y altos contenidos en cromo. En general, los convertidores AOD están provistos de un revestimiento de ladrillos dolomíticos refractarios que se van desgastando mediante un proceso cíclico que comprende una primera decarburación por oxidación, una infiltración de la escoria y eliminación de la zona infiltrada y una decarburación en una nueva zona más profunda, y así sucesivamente.

Una vez que la vida del revestimiento de ladrillos dolomíticos refractarios del convertidor, o de la cuchara, ha finalizado, por el desgaste sufrido durante el proceso de fusión, se procede a lo que se denomina "derribo del refractario". Este proceso de derribo del refractario comprende una primera etapa de demolición de la pared del ladrillo refractario y una segunda etapa de disgregación de los ladrillos retirados.

La etapa de demolición consiste en derribar la pared de refractario construída manualmente. Para ello, se pueden utilizar unos medios mecánicos adecuados que garanticen una recuperación del residuo dolomítico lo más rápida y efectiva posible, tales como un martillo percutor, una cuchara que arranque la pared del refractario y retire los ladrillos demolidos del interior del convertidor, o de las cucharas de travase, máquinas de tipo robot que consiguen eliminar la escoria adherida de forma controlada.

La segunda etapa del proceso de derribo consiste en la disgregación de los ladrillos usados retirados hasta convertirlos en gránulos o en polvo, formas en las que se utiliza el residuo dolomítico. Para realizar esta etapa, los ladrillos dolomíticos retirados se dejan en un parque de almacenamiento donde se eliminan los restos metálicos o de escorias que hubieran podido quedar retenidos durante la demolición, bien de forma manual o bien con la ayuda de imanes y equipos adecuados. La disgregación del residuo dolomítico puede realizarse de forma espontánea o de forma mecánica. Para la disgregación espontánea el residuo se almacena en una zona cubierta donde se van hidratando progresivamente las zonas más superficiales de los ladrillos hasta que se rompen, con lo que se obtiene una montaña de polvo de residuo dolomítico con

ES 2 095 191 B1

un grado de hidratación variable y con gran cantidad de finos. Para la disgregación mecánica el residuo es sometido a un proceso de molienda, con lo que se evita su degradación, se controla su calidad, se evita el tener que disponer de una superficie de almacenamiento de los ladrillos retirados para su disgregación espontánea y se reduce el tiempo de obtención del producto final. En una realización particular y preferida de esta etapa se utiliza una machacadora colocada cerca de la zona donde se genera el residuo y, finalizada la molienda, el residuo dolomítico se ensaca directamente a la salida de la machacadora, con lo que se evita el proceso de hidratación y carbonatación de los óxidos y queda garantizada la riqueza potencial en CaO y en MgO.

El residuo dolomítico obtenido, denominado en lo sucesivo DRC [Dolomitic Residue from Converter], por denominarle con la terminología utilizada en este campo, es un material con dos componentes mayoritarios (CaO y MgO) y otros elementos minoritarios tales como Si, Al, Fe, Mn, P, Cr, S, N y C. El DRC es un material muy fácil de hidratar y carbonatar, simplemente por exposición al aire. A 1.000°C pierde su hidratación mecánica y constitutiva así como su carbonatación, por lo que para efectuar el análisis de los diferentes metales, es decir, para determinar su composición química, es conveniente calcinar una muestra a 1.000°C. En la Tabla 1 se recogen los valores medios, en porcentajes en peso referidos al DRC calcinado, de algunos compuestos y elementos presentes en una muestra calcinada a 1.000°C para dos calidades (cocido, aglomerado) de estos residuos.

TABLA 1

*Composición química de los residuos dolomíticos referidos a una muestra calcinada a 1.000°C
(Valores medios de los % en peso)*

	Residuo dolomítico	
	cocido	aglomerado
CaO	58,7	59,62
MgO	37,9	39,95
SiO ₂	1,22	1,07
Al ₂ O ₃	0,45	0,12
Cr ₂ O ₃	0,04	0,04
MnO	0,12	0,11
FeO	1,33	2,28
TiO ₂	0,07	0,05
P ₂ O ₅	0,02	0,09

En el Ejemplo 1 (Tabla 2) se indica, de forma más detallada, la composición química y agronómica de una muestra representativa de ladrillos procedentes del derribo de un convertidor.

En general, el DRC es un material de naturaleza higroscópica que cuando se disgrega de forma espontánea presenta un color grisáceo oscuro (calidad aglomerado) o claro (calidad cocido).

La granulometría final del DRC depende del estadio de disgregación en que se encuentre. En la mayoría de los desmuestres, en una primera disgregación generalizada, el porcentaje de partículas inferiores a 2 mm es del 70% al 80% en peso. La granulometría que presenta mediante un dispersante, lo que proporciona una idea del tamaño de partícula del residuo en un líquido, indica que prácticamente todo el material se disgrega en partículas mayores al tamaño de la arcilla. Este método ha puesto de manifiesto que el residuo tiene un elevado porcentaje de partículas de tamaño limo pero tan sólo un 10% son menores de 0,25 mm, en el tamizado en seco, lo que pone de manifiesto la débil agregación de las partículas en seco.

El pH típico de una suspensión de este residuo en agua, en una relación residuo:agua de 1:2,5 (P:V) es de 12,6, mientras que el pH de una suspensión de dicho residuo en una solución de CaCl₂ 0,01 M es de 12,8 (véase Ejemplo 1). Puede apreciarse que en el DRC no hay diferencias entre los pHs de las dos suspensiones, es muy superior al proporcionado por el CaCO₃ [pH 8,5 en agua] y es más propio de una

cal viva o apagada.

El contenido en carbono oxidable, que debe proceder del material aglomerante, es de aproximadamente el 2,4% en peso.

El poder encalante, que pretende estimar la capacidad neutralizante del residuo comparándolo con el CaCO₃ puro es del 133% [CaCO₃ 100%]. El índice utilizado ha sido el de la norma ASTM para materiales encalantes [ASTM-Committe C-7, 1990, *Standard specification for agricultural liming materials*, Designation C-602-90, Annual Book of ASTM Standars, 302-307].

La concentración típica de Mg soluble en agua es del 0,1% de MgO o del 0,05% de Mg.

El contenido típico en los elementos solubles en acetato amónico [AA] a pH 7 y en nitrato amónico [NA] son los siguientes:

	NA	AA
Ca	30,9 %	19,4 %
Mg	1112,0 ppm	946,0 ppm
K	9,0 ppm	13,0 ppm
Na	568,0 ppm	331,0 ppm

El contenido en ortofosfatos solubles en bicarbonato sódico [P soluble en NaCO₃H] es de 0,4 ppm.

El contenido en N orgánico del DRC es inapreciable, mientras que el N inorgánico, en el que la forma predominante es la amoniacal, supone 8,22 ppm, lo que indica la escasa riqueza nitrogenada del DRC desde el punto de vista agrícola.

Una vez que caracterizado química y agrónomicamente el DRC, se procedió a estudiar su posible empleo en aplicaciones agronómicas. Para ello, en primer lugar, se localizaron, caracterizaron y seleccionaron suelos ácidos y posteriormente se puso a punto un sistema de simulación de lixiviación de los suelos y del DRC al objeto de cuantificar la posible contaminación por elementos pesados en las aguas de los terrenos tratados con el DRC y para comprobar el comportamiento de los elementos mayoritarios a medida que el suelo es lavado por acción de la lluvia o el riego.

Para la caracterización de los suelos ácidos localizados se efectuaron ensayos para determinar sus características físicas y químicas, tales como su granulometría, el contenido en arena, limo y arcilla, el contenido en carbonatos y en carbono orgánico, el pH en agua y en una solución de CaCl₂, el contenido en N total y en sus distintas formas (nitratos, nitritos y amonio), el P disponible, el Al de cambio, la CIC [capacidad de intercambio catiónico] y la disponibilidad de los cationes esenciales (K, Na, Ca y Mg).

A continuación, se seleccionaron los suelos en base a los siguientes criterios: valor del pH en agua y en solución de CaCl₂, contenido en Al (indicativo de la acidez cambiante de ese suelo) y cantidad de Mg.

Para estimar la cantidad necesaria de DRC a añadir a un suelo ácido para incrementar su valor de pH se seleccionaron suelos con un pH en agua comprendido entre 5,1 y 5 o un pH en solución de CaCl₂ comprendido entre 4,2 y 4,6, o con un contenido en Al comprendido entre 89,9 y 381,3 ppm.

Para evaluar la eficacia del DRC como corrector de Mg se seleccionaron suelos con un contenido en Mg inferior al requerido para la mayoría de los cultivos, comprendido entre 32,5 y 66,5 ppm (determinado por solubilidad en acetato amónico) o entre 25 y 71 ppm (determinado por solubilidad en nitrato amónico).

Para simular el efecto de solubilización del terreno, del DRC y del terreno tratado con DRC se puso a punto un sistema de lixiviación a escala de laboratorio que se realizó en dos fases. En la primera fase se fijaron las condiciones de elución, tamaño de columna, cantidad de suelo y DRC, peso del terreno, granulometría, régimen estacionario de aporte de aguas y salida del lixiviados. En esta primera fase la mezcla del terreno con el DRC fue total, mientras que en la segunda fase dicha mezcla fue parcial pero los tiempos de elución fueron constantes.

En la primera fase se montaron columnas o lixímetros consistentes en 14 tubos de metacrilato, de 30 cm de longitud, 4 cm de diámetro externo y 3,1 cm de diámetro interno. El terminal del tubo estaba formado por un sistema de filtración consistente en un filtro de papel seguido de una capa de arena (14 g) y cerrado mediante un tapón de goma que presentaba un orificio para el paso de una varilla de vidrio por el que podía evacuarse la solución lixiviada. Los columnas (por duplicado) se rellenaron unas con los suelos. ácidos previamente seleccionados, otras con mezclas de los suelos con DRC, y otras con DRC sólo. Las mezclas de los suelos con el DRC se efectuó antes de introducir las en las columnas respectivas, en una proporción de 1% en peso (2,5 g de DRC para 250 g de suelo), lo que correspondía a una proporción aproximada de 20 Tm/Ha. La granulometría del DRC utilizado era de un 70% entre 0,25 y 2 mm y de un 30% menor de 0,25 mm.

A continuación, se saturaron las columnas con agua y se comenzó a recoger las muestras de lixiviado. Para el lavado de los suelos se utilizaron buretas colocadas encima de las columnas con las que se adicionaba agua destilada procurando que las columnas mantuvieran una carga constante de agua de aproximadamente 1 cm por encima de la superficie del suelo.

Debido a las características propias de cada suelo de los suelos+DRC, la velocidad de elución era diferente en cada lixímetro.

A continuación, se analizaron las fracciones lixiviadas, mediante la determinación del pH y la conductividad y mediante espectrometría de emisión de plasma (ICP) se determinaron los contenidos de diversos elementos, tales como Ca, Mg, Si, Al, Fe, Cr, Ni, Mn, Mo, Zn, Cu, P, B, Cd y Co. Mediante la transformación de las concentraciones de cada elemento, proporcionadas por ICP, a partir de los volúmenes eluidos, en miligramos (mg) absolutos y posteriormente en mg/kg de suelo se obtiene una idea de la evolución de los contenidos de los elementos en los lixiviados a medida que se va lavando el suelo o el suelo tratado con DRC.

La segunda fase de la lixiviación duró 5 días, recogiendo los volúmenes lixiviados cada 5 horas. Los parámetros y elementos analizados en los lixiviados de esta segunda fase fueron los mismos que los de la primera.

Paralelamente al ensayo de lixiviación se realizó una prueba consistente en poner en contacto los distintos suelos y el DRC en unas condiciones consideradas como extremas. Para ello, a unos suelos ácidos seleccionados se mezclaron con DRC en cantidades variables (0-5% en peso de DRC), se les añadió agua destilada y se agitaron durante 24 horas. Transcurrido ese tiempo se recogió el sobrenadante, se filtró y se determinaron los distintos parámetros seleccionados (pH, conductividad y concentración de elementos). Los resultados indicaron que la adición masiva de DRC incrementa notablemente los valores de pH en el lixiviado pero no provoca la solubilización de los elementos considerados como potencialmente tóxicos en las aguas subyacentes al suelo.

Los resultados de ambas pruebas de lixiviación pusieron de manifiesto que la adición del DRC a un suelo ácido no provoca riesgo de contaminación de las aguas subyacentes de dicho suelo.

Posteriormente se procedió a calcular la cantidad de DRC que es necesario añadir a un suelo ácido para elevar su pH hasta un nivel óptimo seleccionado por ser cercano al óptimo de crecimiento.

El pH ideal para los cultivos depende de la especie cultivada e incluso de la variedad utilizada. Actualmente se admite que el pH se debe elevar hasta que desaparezcan los factores que impiden el desarrollo correcto de las plantas, tal como Al intercambiable, lo que hace innecesario elevar el pH del suelo a valores relativamente altos que puedan inducir deficiencias en el abastecimiento de algunos nutrientes, tales como Mn y Zn. Por tanto, hay que considerar dos aspectos distintos: (a) averiguar el pH óptimo para cada cultivo y (b) calcular la cantidad de DRC necesaria para conseguir ese pH. Además debe tenerse presente que los suelos de origen y características distintas diferirán en sus necesidades de DRC.

Para calcular la cantidad necesaria de DRC se efectuó una incubación de los suelos ácidos seleccionados con el DRC. Para ello, se recogieron muestras del horizonte de laboreo de los suelos agrícolas y se incubaron con dosis crecientes de DRC en cantidades equivalentes a 0, 0,6, 1,2, 1,8, 2,4, 3, 3,6, 4,2, 4,8, 5,4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 18 y 22 Tm/Ha, en las condiciones descritas por González et al. [González Fernández, P., Ordóñez Fernández, R., Giráldez Cervera, J.V., y Espejo Serrano, R., *Efectos del DRC sobre un suelo de Raña*, Simposio sobre La Raña en España y Portugal, Madrid, 25-30 de Octubre de 1992, editado por el CSIC; Monografía 2, 1993].

La determinación del pH ha servido para calcular las cantidades de DRC necesarias para elevar el pH de los suelos seleccionados aparte de para permitir el cálculo de las necesidades de cal de tales suelos. En una realización particular de esta invención se determinó la cantidad óptima de DRC necesaria para elevar el pH del suelo desde su valor inicial hasta pHs de 6,3 y 7,0 (véase Ejemplos 2,3 y 6).

5

Posteriormente, se realizó un estudio de aplicación agronómica que consistió en el desarrollo de varios cultivos en macetas de diferentes tipos de suelos ácidos a los que se efectuaron enmiendas de pH hasta valores de 6,3 y 7,0 con el DRC. A continuación, se analizaron los extractos secos de los cultivos obtenidos y se comparó la asimilación de los distintos nutrientes y micronutrientes en los ensayos con adición y sin adición de DRC. A partir de ese estudio se confirmó que la asimilación de nutrientes es similar a la de cualquier encalante, aunque cabe destacar un aumento en Ca y Mg tras la adición del residuo y un aumento en la producción de los cultivos en los suelos más ácidos. A la vista de estos resultados satisfactorios se acometió el estudio de valorización real de este residuo en campos agrícolas. Los resultados de este estudio se reflejan y comentan con todo detalle en los Ejemplos 2 a 6.

10

Por tanto, la presente invención proporciona un método para aumentar la producción de los cultivos en suelos ácidos que comprende:

(a) averiguar el pH óptimo para cada cultivo, y

15

(b) añadir la cantidad de residuo dolomítico procedente de la industria del acero (DRC) necesaria para conseguir ese pH.

20

El pH óptimo, que depende la especie cultivada e incluso de la variedad utilizada, es aquel en el que desaparecen los factores que impiden el desarrollo correcto de las plantas y que no induce deficiencias en el abastecimiento de algunos nutrientes, tales como Mn y Zn.

25

La cantidad necesaria de DRC se determina mediante la incubación de los suelos ácidos con dosis crecientes de DRC.

30

La aplicación del DRC en el suelo ácido se puede efectuar bien de forma manual, o bien, preferentemente, mediante el empleo de simples distribuidoras o abonadoras centrífugas habitualmente utilizadas por los agricultores. Por otra parte, la adición de otros subproductos de tipo orgánico contribuye a disminuir la causticidad del DRC y mejora su aplicabilidad sobre todo en el aspecto de su distribución en condiciones climáticas adversas (viento desfavorable principalmente). En una realización concreta del método de esta invención, la aplicación del DRC se realiza combinada con orujo de aceituna en una relación DRC:orujo de 1:3 en volumen, que equivale a una relación 1:2,4 en peso.

35

La adición de DRC hasta que el suelo ácido alcanza el pH ideal para el cultivo ha sido efectiva, ya que provoca un incremento apreciable en el crecimiento del cultivo, suponiendo un aumento de producción del 35% al 75% en la raíz del rabanito y un incremento en la producción de biomasa de entre un 27% y un 50% para el girasol.

40

La asimilación de K, P y N está muy influida por el tipo de cultivo y suelo empleado, no obstante, la tendencia general del descenso de sus niveles en la planta aconseja efectuar un abonado de estos tres elementos a la vez que se adiciona el DRC al suelo.

45

Mediante el método de esta invención se aprovecha y valoriza agronómicamente un residuo industrial (DRC) que constituye un serio problema medioambiental y permite eliminar por reciclaje la totalidad de los residuos dolomíticos de la industria siderúrgica que representan, sólo en España, cerca de 10.000 Tm al año.

50

Asimismo, el método de esta invención permite confirmar la eficacia real en campos agrícolas del DRC como encalante y como fuente de Mg. Adicionalmente, el DRC, debido a su riqueza en Mg, puede ser utilizado como aditivo de calizas exclusivamente de tipo cálcico.

55

El encalado con DRC aumenta la asimilación de Ca y Mg, lo que supone, sin duda, una gran ventaja con respecto a otras enmiendas de pH con otro tipo de calizas que no aportan Mg, por ser éste un elemento deficitario en muchos suelos, y en general, en los suelos ácidos.

60

Los siguientes ejemplos sirven para ilustrar el objeto de esta invención y no deben ser considerados como limitativos del alcance de la misma.

Ejemplo 1

Obtención y caracterización del DRC

5

1.1 *Obtención de DRC*

Finalizada la vida del revestimiento de ladrillos dolomíticos refractarios de un convertidor, se procedió a su derribo. Para ello, se efectuó la demolición del convertidor utilizando una máquina de demolición provista de un martillo percutor. El derribo se efectuó por zonas y se retiraron un total de 4.000 Kg de ladrillos dolomíticos usados procedentes de las distintas zonas del convertidor, repartidos de la siguiente manera:

15

Zona	Ladrillos (Kg)
Cuba	2.880
Cono	640
Fondo cuba	280
Toberas	200

20

al objeto de obtener una muestra global representativa de la composición de ladrillos del convertidor.

25

A continuación, los ladrillos dolomíticos retirados se sometieron a un proceso de disgregación espontánea por exposición al aire. Se recogió una muestra representativa de los ladrillos disgregados que se utilizó para efectuar los análisis de caracterización del DRC obtenido, y el resto se guardó en cubetas para efectuar las distintas pruebas químicas y agronómicas.

30

1.2 *Caracterización química del DRC*

Los resultados obtenidos, expresados en porcentaje en peso referido al DRC calcinado a 1.000°C, se muestran en la Tabla 2.

35

TABLA 2

Composición química de una muestra de DRC calcinada a 1.000° C (% en peso)

40

CaO	60,03	MgO	36,72
SiO ₂	1,05	Al ₂ O ₃	0,37
MnO	0,19	FeO	1,40
P ₂ O ₅	0,037	Cr ₂ O ₃	0,126
NiO	0,011	CuO	0,004
MoO ₃	<0,0018	Zn	0,0136
Pb	<0,0023	Cd	<0,0002
Hg	<0,0004	As	0,0007
Bi	<0,0001	Sb	<0,0002
Co	<0,0005	Se	<0,0001
B	<0,0011	F	0,030
S	0,005	N ₂	0,16

50

55

Al comparar la composición del DRC con la composición de una muestra de ladrillos dolomíticos refractarios sin usar se observa que:

60

- el contenido en los elementos que constituyen la base dolomítica (CaO, MgO) permanece prácticamente invariable en ambos casos;
- el contenido en elementos relacionados con los procesos del convertidor (Fe, Cr, Ni, Mn, Si, AL y P) permanece prácticamente invariable, excepto en el caso del Cr, cuyo contenido en la muestra de

ladrillos usados era de 3 a 10 veces superior al contenido en la muestra de ladrillos sin usar, lo que indicaba la existencia de una pequeña contaminación por Cr durante los procesos del convertidor; y

- c) el contenido en el resto de elementos (elementos traza) es similar, aunque cabe destacar un ligero aumento del Zn pero que no alcanza los niveles encontrados en otros abonos.

Estudios de Difracción de Rayos X pusieron de manifiesto la existencia de la matriz de CaO y MgO así como otras formas, tales como Ca(OH)₂, CaCO₃, Mg(OH)₂ y MgCO₃, dependiendo del grado de hidratación y carbonatación de la muestra por su exposición al aire.

1.3 Granulometría

Se realizó un estudio granulométrico del DRC obtenido mediante el método del hidrómetro, obteniéndose los siguientes resultados:

Luz de malla	% de DRC
>9,5	12,02
Entre 9,5 y 6,6	3,28
Entre 6,6 y 2,38	6,25
Entre 2,38 y 1,00	13,84
Entre 1,00 y 0,35	17,14
Entre 0,35 y 0,038	22,82
<0,038	22,47

Esta distribución granulométrica [porcentaje de las fracciones <0,35 mm superior al 40% del peso del DRC] es propia de un DRC procedente de ladrillos aglomerados ya que un DRC procedente de ladrillos cocidos tiene un porcentaje en finos inferior [<15%].

1.4 Caracterización agronómica del DRC

El DRC es un material de naturaleza higroscópica que cuando se disgrega de forma espontánea presenta un color grisáceo oscuro que se aclara al ser desecado a 100°C.

El pH de una suspensión del DRC en agua, en una relación DRC:agua de 1:2,5 (P:V) es de 12,6, mientras que el pH de una suspensión del DRC en una solución de CaCl₂ 0,01 M es de 12,8.

El contenido en carbono oxidable, que debe proceder del material aglomerante, es del 2,4% en peso, en una muestra desecada a 100°C, según el método de saturación con sodio (acetato sódico 1 N, pH 8,5) y posterior desplazamiento por acetato amónico 1N pH 7. El Na desplazado se determinó por espectrometría de emisión atómica.

El poder encalante es del 133%. El índice utilizado ha sido el de la norma ASTM para materiales encalantes [citada supra].

La concentración de Mg soluble en agua, determinado por el Método Oficial (1989) del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación [MAPA], es del 0,1% de MgO o del 0,05% de Mg.

El contenido en ortofosfatos solubles en bicarbonato sódico es de 0,4 ppm, determinado por el método de Olsen et al. [Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., y Dean, L.A., (1954), *Estimation of variable phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*, US Dept. Agric. Circ., 939]..

Los elementos solubles en acetato amónico [AA] a pH 7 y en nitrato amónico [NA] son los siguientes:

ES 2 095 191 B1

	NA	AA
Ca	30,9 %	19,4 %
Mg	1112,0 ppm	946,0 ppm
K	9,0 ppm	13,0 ppm
Na	568,0 ppm	331,0 ppm

El contenido en N orgánico del DRC es inapreciable (a nivel de trazas), mientras que el N inorgánico, extraído con KCl 2 M, se distribuye de la siguiente manera:

N (NO_3^-): 0,35 ppm	N (NO_2^-): 0,01 ppm
N (NH_4^+): 7,86 ppm	

La suma de todo el N inorgánico, en el que la forma predominante es la amoniacal, supone 8,22 ppm, lo que indica la escasa riqueza nitrogenada del residuo desde el punto de vista agrícola.

Debido al alto contenido en MgO del DRC, este residuo puede ser utilizado como enmienda eficaz para aquellos suelos deficitarios en Mg. En general, se puede considerar que las deficiencias en Mg se presentan en suelos ácidos o arenosos con menos de 0,2 miliequivalentes (meq) de Mg intercambiable por cada 100 gramos (g) de suelo, lo que equivale a un nivel de 24-25 ppm. Para cosechas susceptibles, tales como hortalizas, lúpulo, frutales y plantas de invernadero, esta cifra se eleva a 50 ppm.

Los siguientes Ejemplos se refieren a ensayos de aplicación del DRC en campos agrícolas. Al interpretar los resultados de estos ensayos, conviene tener presente que el desarrollo de las cosechas en algunos de los campos se ha visto perjudicado por la excepcional sequía de la campaña 1993-94, con una pluviometría un 37% menor de la media.

Ejemplo 2

Estudio de la efectividad del DRC en elevar el pH de un suelo ácido y su respuesta en plantas de cebada.

Se realizó este ensayo para estimar la efectividad del DRC en elevar el pH del suelo y estudiar la respuesta de las plantas.

2.1 Suelo

Localización: Castellar (Cádiz)

Suelo: Acido

Cultivo: Cebada

Posición fisiográfica: Ladera

Material parental: Areniscas del Mioceno

Características del suelo (profundidad 0-25 cm):

Análisis granulométrico (%):

Elementos gruesos: 0

Arena (USDA): 69

Limo (USDA): 10

Arcilla (USDA): 21

Clase textural: Franco-arcilla-arenosa

pH 1:2,5

en agua 5,13

en CaCl_2 0,01M 4,93

ES 2 095 191 B1

	C orgánico (%)	0,38
	Materia orgánica (%)	0,64
	CIC (meq/100 g)	5,60
5	N orgánico (%)	0,10
	N inorgánico (ppm)	22,10
	N en NO_3^-	0,10
	N en NO_2^-	0,10
	N en NH_4^+	21,90
10	C/N	3,80
	P disponible (ppm)	6,00
	K disponible (ppm)	100,00
	Mg disponible (ppm)	194,00
15	Ca disponible (ppm)	938,00

Clasificación: Palaxeralf (truncado)

Este suelo fue objeto de movimientos de tierras. Su contenido en materia orgánica era muy bajo y se encontraba infectado por nemátodos del género *Heterodera*. La acidez era excesiva para el normal desarrollo de la mayoría de los cultivos.

2.2 *Tratamientos*

Se evaluaron tres tipos de tratamientos:

Testigo: sin adición de DRC, pH 4,9

pH 6,3: Aplicación de DRC hasta pH 6,3

pH 7,0: Aplicación de DRC hasta pH 7,0

El DRC utilizado es el obtenido y caracterizado en el Ejemplo 1. Se efectuó una curva de neutralización del suelo mediante ensayos de incubación en laboratorio de una muestra del suelo con DRC al objeto de estimar las dosis de DRC por hectárea (Ha) que había que aportar al suelo para alcanzar los pH de 6,3 y 7,0. Se estimó que las dosis prácticas (un 10% mayores que las teóricas) eran de 2,2 Tm de DRC por Ha de suelo para alcanzar un pH de 6,3 y de 3,5 Tm de DRC por Ha para alcanzar un pH de 7,0.

2.3 *Abonado complementario*

Todas las parcelas en que se dividió el campo recibieron un abono N-P-K de igual cuantía consistente en:

95 unidades de N/Ha

60 unidades de P_2O_5 /Ha

60 unidades de K_2O /Ha

50 unidades de N y la totalidad del P y K se aplicaron en el abonado de fondo, mientras que el resto del N se añadió a principios de la primavera.

2.4 *Siembra de cebada*

Se establecieron 12 parcelas elementales, de $3 \times 4 \text{ m}^2$ que se dispusieron en bloques al azar con cuatro repeticiones, al objeto de que cada tratamiento (testigo, pH 6,3 y pH 7,0) fuera evaluado por cuatuplicado y se sembró cebada por métodos convencionales.

2.5 *Resultados*

A simple vista se apreció un mejor desarrollo en las parcelas de cebada que habían sido tratadas con DRC.

Se midió el pH de los suelos de las parcelas a los 96 días del encalado, confirmándose el buen comportamiento del DRC como material encalante en campos. En la Tabla 3 se recoge la variación del pH del suelo originada por el tratamiento con DRC, medido a los 96 días del encalado. Los valores recogidos en dicha Tabla 3 son los valores

TABLA 3

Variación del pH del suelo originada por el tratamiento con DRC (pH medido a los 96 días del encalado)

Tratamiento	pH (1:2,5 H ₂ O)
Testigo	6,02
pH 6,3	6,18
pH 7,0	7,14
MDS 95%	0,60

[MDS 95%: Mínima diferencia significativa al 95%]

Aunque todas las parcelas recibieron el mismo abonado, el DRC induce algunos cambios en la composición del vegetal, bien por un efecto de dilución en la mayor materia vegetal o bien por unos efectos indirectos que a veces dificultan la absorción de algunos nutrientes.

Al analizar los contenidos minerales de las plantas de cebada no se han encontrado diferencias significativas en los contenidos de Ca, Ng, Na, y B de las plantas sometidas a distintos tratamientos, pero sí en el N, que disminuye ligeramente con el encalado. En estos valores destacan los excepcionalmente bajos contenidos en Ca y Mg. En la Tabla 4 se muestra el contenido medio en nutrientes de la cebada, expresados en porcentaje.

TABLA 4

Contenido medio en nutrientes de la cebada (%)

Tratamiento	N	K	Ca	Mg	F	S
Testigo	0,97	1,06	0,08	0,12	0,04	0,05
pH 6,3	0,85	1,13	0,08	0,10	0,06	0,04
pH 7,0	0,92	1,26	0,07	0,10	0,07	0,06
MDS 95%	0,11	NS	NS	NS	NS	NS

[NS: No significativo]

Adicionalmente, el encalado con DRC tampoco modifica los micronutrientes presentes en la cebada (B, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo), ni tampoco se aprecia una alteración en los contenidos del resto de los metales analizados. Cabe destacar el nulo incremento observado en el contenido de los elementos tóxicos (Cd, Cr, Ni) lo que confirma la bondad del DRC como enmienda agrícola. En la Tabla 5 se muestra el contenido medio en micronutrientes de la cebada, expresados en mg/g o ppm.

(La Tabla 5 pasa a la página siguiente)

TABLA 5

Contenido medio en micronutrientes de la cebada (mg/g o ppm)

Tratamiento	B	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo
Testigo	0,24	28,3	43,2	3,20	19,5	<0,3
pH 6,3	0,26	32,4	38,6	2,30	19,1	<0,3
pH 7,0	0,23	33,6	39,5	2,80	23,4	<0,3
MDS 95%	NS	NS	NS	NS	NS	

[NS: No significativo]

El cereal se muestreó al final de la floración para analizar las extracciones y producción de biomasa.

Las extracciones efectuadas por la cebada al final de su ciclo productivo tampoco fueron alteradas por el encalado, lo que indica que las dosis manejadas fueron las adecuadas, no produciéndose antagonismos indeseados.

La biomasa responde significativamente al encalado con DRC y, aunque las diferencias entre la materia producida a pH 6,3 y 7,0 no son estadísticamente significativas, se observa que las producciones a pH 6,3 son mayores que a pH 7,0. En la Tabla 6 se indica la cantidad de biomasa de cebada en floración.

TABLA 6

Biomasa de cebada en floración

Tratamiento Testigo	2620 Kg/Ha
Tratamiento pH 6,3	4350 Kg/Ha
Tratamiento pH 7,0	3960 Kg/Ha
Tratamiento MDS 95%	879 Kg/Ha

En la Tabla 7 se recogen los datos relativos a la producción de semillas (grano), paja y biomasa, en los distintos suelos donde se efectuó este ensayo.

TABLA 7

Producción de semillas, paja y biomasa (Kg/Ha)

	Testigo	pH 6,3	pH 7,0
Semillas	0,286	0,553	0,978
Paja	0,879	1,116	1,564
Biomasa	2,620	4,350	3,960

Ejemplo 3

Estudio de la efectividad del DRC como encalante y su repercusión en el cultivo, en condiciones de campo.

Se realizó este ensayo para evaluar la efectividad del DRC en elevar el pH del suelo y estudiar la respuesta de las plantas, girasol en este caso, en condiciones de campo.

ES 2 095 191 B1

3.1 *Suelo*

Localización: Villarubia I (Córdoba)

Suelo: Acido

5 Cultivo: Girasol híbrido

Posición fisiográfica: Ladera

Material parental: Terrazas cuaternarias

Características del suelo (profundidad 0-25 cm):

10	Análisis granulométrico (%):	
	Elementos gruesos:	0
	Arena (USDA):	49
	Limo (USDA):	32
15	Arcilla (USDA):	19
	Clase textural: Franca	
	pH 1:2,5	
	en agua	5,88
	en CaCl ₂ 0,01M	5,32
20	C orgánico (%)	0,36
	Materia orgánica (%)	0,62
	CIC (meq/100 g)	2,60
	N orgánico (%)	0,06
25	N inorgánico (ppm)	—
	C/N	6,00
	P disponible (ppm)	26,00 [Olsen]
	K disponible (ppm)	26,00 [Acetato amónico, AA]
30	Mg disponible (ppm)	26,00 [AA]
	Ca disponible (ppm)	26,00 [AA]

Este suelo presentaba muestras de erosión reciente. Su estabilidad parecía muy mala. Se allanó parcialmente y regó por surcos.

35

3.2 *Tratamientos*

Testigo: sin adición de DRC, pH 4,9

pH 6,3: Aplicación de DRC hasta pH 6,3

40

pH 7,0: Aplicación de DRC hasta pH 7,0

El DRC utilizado es el obtenido y caracterizado en el Ejemplo 1. Efectuada la curva de neutralización mediante ensayos de incubación en laboratorio se estimó que las dosis prácticas de DRC por hectárea (Ha) que había que aportar al suelo para alcanzar los pH de 6,3 y 7,0 eran de 0,96 y 2,64 Tm de DRC por Ha respectivamente.

45

3.3 *Abonado complementario*

50

Se aplicaron, en fondo, en todos los tratamientos, una fertilización N-P-K equivalente a:

50 unidades de N/Ha

60 unidades de P₂O₅/Ha

55

60 unidades de K₂O/Ha

que fueron incorporadas en invierno, antes de la siembra.

60

3.4 *Siembra del girasol*

Se establecieron 12 parcelas elementales, de 6x6 m², que se dispusieron en bloques al azar con cuatro repeticiones, al objeto de que cada tratamiento (testigo, pH 6,3 y pH 7,0) fuera evaluado por cuatripli-

cado, y se sembró el girasol por métodos convencionales.

3.5 Resultados

5 La aplicación manual del DRC presentó los inconvenientes propios de un producto cáustico muy pulverulento, por lo que se consideró que el reparto del DRC con una maquinaria adecuada o mezclado con otros productos podría facilitar esta labor.

10 Durante el desarrollo del ensayo no se apreció ninguna diferencia visual entre los distintos tratamientos. Cuando el girasol floreció, se analizó el contenido de los nutrientes en las hojas, encontrándose diferencias significativas en el contenido en Mg que aumentaba con el aporte de DRC, así como el N que también presentaba una tendencia al aumento con la enmienda dolomítica. No se detectaron diferencias entre ambos tratamientos de encalado. Los porcentajes de N, S y Mg son bajos, en concreto, el Mg en hojas, a pesar del incremento experimentado por el aporte de DRC no llega a superar las concentraciones
15 consideradas como marginales.

En la Tabla 8 se muestra el contenido medio en nutrientes de las hojas superiores maduras del girasol en flor, expresados en % en peso.

20 TABLA 8

Contenido medio en nutrientes de las hojas superiores maduras del girasol en flor (% en peso).

25 Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	S
Testigo	3,34	0,41	4,18	1,80	0,31	0,21
pH 6,3	3,44	0,37	3,90	1,96	0,44	0,24
30 pH 7,0	3,51	0,38	4,00	1,82	0,44	0,25
MDS 95%	0,11	NS	NS	NS	NS	NS

[NS: No significativo]

35 La concentración de los micronutrientes no experimenta alteraciones significativas, aunque se observa una cierta tendencia a la disminución en el contenido en Zn, B y Mn con la adición de DRC. Se observa que el B alcanza unos valores considerados críticos.

40 En la Tabla 9 se muestra el contenido medio en micronutrientes en las hojas superiores maduras del girasol en flor, expresados en ppm.

45 TABLA 9

Contenido medio en micronutrientes de las hojas superiores maduras del girasol en flor (ppm).

50 Tratamiento	Zn	Fe	Cu	Mn	Mo	B	Co
Testigo	43	82	22	135	<3	31	<4
pH 6,3	38	81	23	114	<3	26	<4
pH 7,0	35	73	27	98	<3	24	<4
55 MDS 95%	NS	NS	NS	NS		NS	

[NS: No significativo]

60 La riqueza en metales potencialmente tóxicos es muy baja y no se ve modificada por la incorporación de DRC al suelo, tal como se recoge en la Tabla 10.

TABLA 10

Contenido en metales potencialmente tóxicos en las hojas superiores maduras del girasol (ppm).

Tratamiento	Cd	Cr	Al	Ni
Testigo	<1	<1,8	<9	0,30
pH 6,3	<1	<1,8	<9	0,25
pH 7,0	<1	<1,8	<9	0,25
MDS 95%				NS

[NS: No significativo]

La producción de girasol se estimó mediante la recolección de 4 filas de 5 metros lineales. No se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos ni en el contenido de los nutrientes. En la Tabla 11 se recogen los datos relativos a la producción media de las muestras con un 6% de humedad.

TABLA 11

Producción media (girasol, 6% de humedad)

Tratamiento	Semilla (Kg/Ha)	Peso (Kg/Hl)	Aceite (%)
Testigo	812	42,5	41,7
pH 6,3	810	42,3	41,6
pH 7,0	850	43,5	41,7
MDS 95%	NS	NS	NS

[NS: No significativo]

En la Tabla 12 se recogen las composiciones de los aquenios y hojas del girasol de la cosecha.

TABLA 12

Contenido medio de las semillas y hojas del girasol en la cosecha (% en peso)

Tratamiento	Semillas				Hojas			
	N	K	Ca	Mg	N	K	Ca	Mg
Testigo	4,21	1,14	0,17	0,31	1,60	1,02	3,41	0,54
pH 6,3	4,06	1,12	0,17	0,32	1,62	1,07	3,44	0,54
pH 7,0	4,24	1,12	0,16	0,32	1,73	1,01	3,33	0,54

En este caso concreto, el clima y la ausencia de riego han limitado las producciones de este cultivo, por lo que es posible que los potenciales beneficios del DRC como enmienda de suelos y fuente de Mg no se hayan traducido en mejoras significativas de la producción final.

Ejemplo 4

Estudio de los problemas prácticos que puede presentar la aplicación de DRC y de la eficiencia como fuente de Mg en un cultivo de girasol.

5

4.1 *Suelo*

Localización: Villarubia II (Córdoba)

Suelo: Acido

10 Cultivo: Girasol híbrido

Posición fisiográfica: Llano (artificial)

Material parental: Terrazas cuaternarias

Características del suelo (profundidad 0-20 cm):

15

Análisis granulométrico (%):

Elementos gruesos: 0

Arena (USDA): 43

Limo (USDA): 38

Arcilla (USDA): 19

20

Clase textural: Franca

pH 1:2,5

en agua 7,08

en CaCl₂ 0,01M 6,41

25

C orgánico (%) 0,57

Materia orgánica (%) 0,98

CIC (meq/100 g) 2,80

N orgánico (%) 0,05

30

N inorgánico (ppm) —

C/N 19,60

P disponible (ppm) 8,00 [Olsen]

K disponible (ppm) 463,00 [Acetato amónico, AA]

Mg disponible (ppm) 295,00 [AA]

35

Ca disponible (ppm) 2363,00 [AA]

Clasificación del suelo: Palexeralf (truncado)

40 Este suelo presentaba un aspecto allanado con considerables desmontes (80-120 cm) lo que permitió la mezcla con algún horizonte inferior de caliza acumulada. Este suelo está mejor dotado de bases que el del ensayo 2 y tiene un pH más elevado. El abonado se hace como aporte de Mg, mezclándose éste con orujo de aceituna en una proporción 1:3 (V:V), que equivale a una relación 1:2,3 en peso, para facilitar su manejo.

45

4.2 *Tratamientos*

Testigo: sin adición de MgO

Aplicación de 70 Kg de MgO por Ha en forma de DRC (Tratamiento DRC).

50

El DRC utilizado es el obtenido y caracterizado en el Ejemplo 1. El DRC se aplica mezclado, con orujo de aceituna en una proporción 1:3 (V:V). La cantidad necesaria de DRC calculada fue de 452 Kg/Ha, que se aplicaron con una centrifuga, aunque al final, la cantidad aplicada fue de 439 Kg/Ha.

55

4.3 *Abonado complementario*

Se aplicaron, en fondo, en todos los tratamientos, una fertilización N-P-K equivalente a:

50 unidades de N/Ha

60

100 unidades de P₂O₅/Ha

100 unidades de K₂O/Ha

ES 2 095 191 B1

que fueron incorporadas en invierno, antes de la siembra.

4.4 Siembra

5 Se establecieron 6 parcelas elementales, de 100x30 m² dispuestas en bloques al azar con tres repeticiones, al objeto de que cada tratamiento (testigo, DRC) fuera evaluado por triplicado, y se sembró el girasol por métodos convencionales.

4.5 Resultados

10 Para la aplicación en grandes extensiones del DRC se utilizó una abonadora centrífuga común. El reparto resultó muy rápido y uniforme a pesar del fuerte viento existente. En el aspecto de floración, los niveles de nutrientes reflejan la persistente sequía que ha impedido su normal asimilación. La concentración de N es muy inferior a la considerada óptima.

15 En la Tabla 13 se muestra el contenido medio en nutrientes de las hojas superiores maduras del girasol en flor, expresados en % en peso.

TABLA 13

20 *Contenido medio en nutrientes de las hojas superiores maduras del girasol en flor (% en peso).*

Tratamiento	N	K	Ca	Mg
Testigo	2,32	3,25	2,98	0,72
DRC	2,42	3,07	2,83	0,71

30 Al examinar los contenidos en nutrientes y Na de las semillas, hojas, tallos y receptáculos al final del desarrollo se observa que el DRC contribuye a disminuir el contenido en N y K y a elevar los porcentajes de Ca, Mg y Na, tal como se muestra en la Tabla 14.

TABLA 14

35 *Contenido medio en nutrientes del girasol (% en peso)*

Tratamiento	N	K	Ca	Mg	Na	
Semilla	Testigo	3,38	1,16	0,08	0,24	23
	DRC	2,95	0,88	0,12	0,27	40
	MDS 95%	NS		NS		
Receptáculo	Testigo	1,50	3,35	1,42	0,35	
	DRC	1,28	2,83	1,61	0,44	
	MDS 95%					
Hojas	Testigo	1,41	3,34	3,25	1,18	
	DRC	1,12	3,08	3,73	1,39	
	MDS 95%		NS	NS	NS	
Tallos	Testigo	0,60	3,71	0,84	0,31	
	DRC	0,42	2,05	0,88	0,39	
	MDS 95%					

60 [NS: No significativo]

ES 2 095 191 B1

La producción de girasol obtenida al final de la cosecha, en Julio, se recoge en la Tabla 15.

TABLA 15
Producción media

5

10

15

Tratamiento	Semilla (Kg/Ha)	Biomasa (Kg/Ha)	Aceite (%)
Testigo	1134	4414	38,5
DRC	1280	4102	42,8
MDS 95%	NS	NS	3,1

[NS: No significativo]

20

En la Tabla 16 se indican las producciones de aceite en Kg/Ha, donde puede apreciarse que, a pesar de las deficientes condiciones de desarrollo experimentadas por las plantas, se aprecia una maduración más completa en las parcelas tratadas con DRC, lo que produce, entre otros efectos, un incremento significativo (de alrededor del 12,5%) en el aceite de las semillas.

TABLA 16
Producción de aceite (Kg/Ha)

25

30

Tratamiento	Aceite (Kg/Ha)
Testigo	437
DRC	548

35

Ejemplo 5

40

Estudio de la aplicación de DRC puro (disgregado espontáneamente) o mezclado con orujo y su eficiencia como fuente de Kg.

5.1 Suelo

Localización: Fonelas (Granada)

45

Suelo: Deficitario en Mg

Cultivo: Trigo duro (Variedad Vitron)

Posición fisiográfica: Pie de monte aterrazado

Material parental: Margas calizas

Características del suelo:

50

Profundidad: 0-20 cm 25-50 cm

Análisis granulométrico (%):

Arena (USDA): 25 26

Limo (USDA): 49 49

55

Arcilla (USDA): 26 25

Clase textural: Franca

pH 1:2,5

en agua 8,3 8,5

60

en CaCl₂ 0,01M 7,8 7,9

ES 2 095 191 B1

	C orgánico (%)	0,51	0,26
	Materia orgánica (%)	0,87	0,45
	CIC (meq/100 g)	16,5	17,6
	M orgánico (%)	ND	
5	M inorgánico (ppm)	ND	
	C/N	—	
	P disponible (ppm)	9	9 [Olsen]
	K disponible (ppm)	221	180 [AA]
10	Mg disponible (ppm)	712	654 [AA]
	Ca disponible (ppm)	10113	10177 [AA]

Este suelo había sido aterrazado artificialmente, era pobre en materia orgánica y P disponible y tenía gran abundancia de CaCO₃.

15

5.2 *Tratamientos*

Testigo: sin adición de MgO (Tratamiento O)

20

Aplicación de 70 Kg/Ha de MgO en forma de DRC (Tratamiento DRC).

Aplicación de 70 Kg/Ha de MgO en forma de DRC + orujo de aceituna (Tratamiento DRCO).

El DRC utilizado es el obtenido y caracterizado en el Ejemplo 1. Como fuente de Mg se utilizó DRC disgregado de forma espontánea o mezclado con orujo de aceituna en una proporción 1:3 (V:V). Se estimó necesario aplicar 200 Kg/Ha de DRC o 450 Kg/Ha de DRCO. La distribución del DRC y del DRCO se efectuó mediante dos abonadoras centrífugas acopladas a sendos tractores veinte días antes de la siembra del cereal.

30

5.3 *Abonado complementario*

Se aplicaron, en fondo, en todos los tratamientos, una fertilización N-P-K equivalente a:

35

50 unidades de N/Ha

100 unidades de P₂O₅/Ha

100 unidades de K₂O/Ha

En primavera se complementó el abonado con un aporte aproximado de 90 unidades de N/Ha repartidas en cobertera.

40

5.4 *Siembra*

Se establecieron 9 parcelas elementales, de superficies variables comprendidas entre 2850 y 16500 m², dispuestas en bloques al azar con tres repeticiones, al objeto de que cada tratamiento (O, DRC y DRCO) fuera evaluado por triplicado.

45

Se sembró trigo duro (Variedad Vitron), a una dosis de 140 Kg/Ha, el 23.12.93, utilizando las mismas abonadoras centrífugas usadas para aplicar el DRC.

50

5.5 *Resultados*

El reparto del DRC se realizó sin dificultades especiales. Los operarios portaban mascarillas para protegerse del polvo de DRC dado que durante la aplicación hubo viento cruzado y los tractores iban desprovistos de cabinas.

55

El 23.5.94 se recolectaron unas muestras de trigo en floración para comprobar su estado nutricional y los efectos del DRC. En la Tabla 17 se aprecia la tendencia, observada también en otros ensayos, a disminuir el porcentaje de N y K con la aplicación de DRC, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

60

ES 2 095 191 B1

TABLA 17

Composición del trigo duro en floración en el ensayo de DRC (% en peso)

Tratamiento	N	K	Ca	Mg
Testigo 0	1,44	1,05	0,17	0,13
DRC	1,35	0,93	0,18	0,13
DRCO	1,29	0,91	0,19	0,13
MDS 95%	NS	NS	NS	NS

[NS: No significativo]

La fuerte variabilidad encontrada en las parcelas impide que las tendencias observadas en las variaciones de la composición mineral del cereal alcance cotas de significancia. Las Tablas 18 y 19 muestran la composición mineral del grano de trigo y de la paja según los diversos tratamientos.

TABLA 18

Composición mineral del grano de trigo (% en peso)

Tratamiento	N	K	Ca	Mg	Na
Testigo 0	2,13	0,42	0,04	0,12	0,01
DRC	2,07	0,41	0,04	0,12	0,01
DRCO	2,01	0,42	0,04	0,12	0,02
MDS 95%	NS	NS	NS	NS	NS

[NS: No significativo]

TABLA 19

Composición mineral de la paja de trigo (% en peso)

Tratamiento	N	K	Ca	Mg	Na
Testigo 0	0,64	0,89	0,15	0,13	0,31
DRC	0,80	0,78	0,15	0,14	0,28
DRCO	0,64	0,90	0,20	0,15	0,38
MDS 95%	NS	NS	NS	NS	NS

[NS: No significativo]

En este suelo, la adición de DRCO mejora la calidad de la paja.

Los tratamientos no mejoraron significativamente los rendimientos, aunque en ellos se aprecia cómo las mayores producciones medias se dieron en las parcelas tratadas con DRCO. En la Tabla 20 se indican las producciones de grano y paja en Kg/Ha.

TABLA 20
Producción de grano y paja (Kg/Ha)

Tratamiento	Grano	Paja
Testigo 0	2327	2513
DRC	2080	2347
DRCO	3200	3380
MDS 95%	NS	NS

[NS: No significativo]

Se aprecia un incremento significativo, de alrededor del 37,5% en la producción de semillas y del 34,5% en la producción de paja en los suelos tratados con DRCO con respecto a los suelos sin tratar, (Testigo 0), lo que permite observar indicios de un posible efecto sinérgico entre el DRC y el orujo.

Debido a la persistente sequía hubo que regar las distintas parcelas para que el trigo naciera, aunque posteriormente las fuertes heladas que tuvieron lugar en primavera perjudicaron enormemente el desarrollo del cereal.

El siguiente Ejemplo se refiere a un ensayo de aplicación del DRC en macetas.

Ejemplo 6

Efecto de la elevación del pH del suelo sobre la producción y asimilación de nutrientes en plantas cultivadas en macetas con adición de DRC.

Se realizó este ensayo para estudiar el efecto de la elevación del pH del suelo sobre la producción y asimilación de elementos nutrientes en varias plantas cultivadas en macetas con adición de DRC.

6.1 Suelos

Para la realización de este ensayo se utilizaron dos tipos de suelos, uno situado en la raña de Cañamero (Cáceres) cuyo perfil ha sido descrito por Espejo, R., [*Estudio del perfil edáfico y caracterización de las superficies tipo Raña del sector Cañamero-Horcajo de los Montes*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de ingenieros Agrónomos (ETSIA)], en adelante denominado suelo CC, y otro suelo, algo menos ácido, originario de Villarubia (Córdoba), cuyas características son similares a las del suelo del ensayo n° 2, en adelante denominado suelo CO.

En ambos casos se muestreó la capa de labor de ambos suelos agrícolas, cuyas características se recogen en la Tabla 21.

TABLA 21
Propiedades de los suelos utilizados

	Suelo CC	Suelo CO
Arena (%)	62,9	49,3
Limo (%)	23,5	31,7
Arcilla (%)	13,6	19,0
Materia orgánica (%)	3,8	0,6
CIC (mol/Kg)	0,09	0,05
pH 1:2,5		
en agua	4,3	5,4
en CaCl ₂ 0,01M	3,9	5,0

6.2 Estimación de la cantidad de DRC a añadir

El DRC utilizado fue el obtenido y caracterizado en el Ejemplo 1. Al objeto de calcular la cantidad de DRC necesaria para elevar el pH de ambos suelos (CC y CO) a pH 6,3 y 7,0 se efectuaron sendas curvas de calibración incubando una cantidad determinada de suelo con dosis crecientes de DRC de acuerdo con el método descrito por González et al. [citado supra]. De acuerdo con dicho método, las cantidades necesarias de DRC para elevar el pH de ambos suelos eran las siguientes:

	pH 6,3	pH 7,0
Suelo CC	4,6 Tm/Ha	10,6 Tm/Ha
Suelo CO	0,9 Tm/Ha	2,3 Tm/Ha

A continuación se prepararon los distintos suelos a los valores de pH seleccionados para realizar el ensayo en macetas. Para ello, los porcentajes de DRC que se emplearon para cada tipo de suelo fueron los siguientes:

	% DRC		
	pH 6,3	pH 7,0	Testigo
Suelo CC	0,23	0,53	0,0
Suelo CO	0,05	0,12	0,0

Cada tratamiento se repitió cuatro veces.

6.3 Selección de cultivos

El cultivo a ensayar se seleccionó atendiendo a sus características no acidófilas y al aprovechamiento a que son sometidos. Los cultivos seleccionados fueron una planta de raíz comestible, los rabanitos [*Raphanus sativus L.*] y una dicotiledónea, el girasol [*Helianthus annuus L.*]. Las plantas se cultivaron bajo condiciones controladas y se cosecharon al alcanzar el desarrollo óptimo para su comercialización (rabanitos) o a los 60 después de la emergencia [DDE] (girasol) y se procedió a evaluar sus producciones y el contenido en elementos nutritivos.

6.4 Análisis efectuados

Las muestras de vegetal se desecaron en estufa a 75°C, se molieron y se analizaron los siguientes parámetros:

a) Elementos esenciales:

- N, por digestión Kjeldhal
- P, por emisión de plasma con acoplamiento inductivo
- K, Ca y Mg, por absorción atómica.

b) Poder encalante, mediante el ensayo de la norma ASTM para materiales encalantes [citado supra].

c) Las concentraciones de Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ intercambiable y soluble se determinaron por extracción con acetato amónico 1 N a pH 7,0.

d) La CIC se determinó por saturación con sodio (acetato sódico 1 N a pH 8,5) y posterior desplazamiento por acetato amónico 1 N a pH 7,0. El Na desplazado se determinó por espectrometría de emisión

ES 2 095 191 B1

atómica.

e) El análisis granulométrico se obtuvo de acuerdo con el método del hidrómetro.

5 f) La materia orgánica se determinó mediante digestión húmeda [Klute, A., 1986, *Methods of soil Analysis*, 2nd Ed., ASA, Madison, Wisconsin].

6.5 Resultados

10 6.5.1 Producción

El primer parámetro a considerar a la hora de estudiar los resultados del ensayo, es el crecimiento de los distintos cultivos. El porcentaje de la variación del peso en las muestras tratadas con el DRC frente a las muestras testigo se calcula mediante la fórmula:

$$15 \quad \% \text{Variación peso} = \frac{\text{PMS con DRC} - \text{PMS sin DRC}}{\text{PMS con DRC}}$$

donde PMS es el peso de la materia seca.

20 Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 22, donde se puede apreciar que el porcentaje de la variación del peso es positivo para los cultivos de rabanitos y girasol, en mayor o menor grado según el tipo de suelo.

TABLA 22

25 *Porcentaje de variación del peso de rabanitos y girasol después de la enmienda con DRC (pH final 6,3)*

	Rabanitos		Girasol
	Raíz	Hoja	
Suelo CC	75	37	50
Suelo CO	35	7	27

40 A la vista de estos resultados se observa que el incremento en la producción, en el caso de los rabanitos, es mayor cuanto más bajo es el pH inicial del suelo. Se observa que el suelo CC es el que experimenta un desarrollo mayor en la raíz, un 75%, frente al 35% en el caso del suelo CO de mayor pH inicial, como se aprecia además en la Tabla 23.

TABLA 23

45 *Peso medio (g) de la materia seca por cultivo y suelo*

Cultivo: Rabanitos				
		Testigo	pH 6,3	pH 7,0
Suelo CC	Raíz	0,23	0,93	0,87
	Hojas	1,81	2,94	2,64
Suelo CO	Raíz	0,62	0,65	0,95
	Hojas	3,42	3,35	3,65

TABLA 23 (Continuación)

Peso medio (g) de la materia seca por cultivo y suelo

5	Cultivo: Girasol			
10		Testigo	pH 6,3	pH 7,0
15	Suelo CC	2,28	6,20	5,64
	Suelo CO	2,75	2,75	2,25

Se puede apreciar que, en el caso de los rabanitos, cuando se produce la corrección del pH con el DRC, y para los dos tratamientos, los porcentajes en peso de la raíz aumentan en detrimento de las hojas.

20 En el caso del girasol, el incremento de producción con la enmienda DRC es también positivo y, al igual que antes, el aumento es mayor en el suelo más ácido (Suelo CC) donde la efectividad del producto alcanza el 50%.

6.5.2 Elementos nutrientes

25 A partir de las concentraciones medias de los elementos analizados en los diferentes extractos (Tablas 24 y 25) se ha intentado comprobar, en la respuesta de la planta, la eficiencia de la enmienda con el DRC.

TABLA 24

30 *Concentraciones medias de los nutrientes en los extractos de materia seca de rabanitos (% en peso).*

35	1. Tratamiento: Testigo						
40	Suelo	R/H	Ca	Mg	K	P	N
	CC	R	-	-	-	-	4,43
	CC	H	2,4	0,24	3,2	0,52	6,60
	CO	R	0,38	0,14	2,7	0,7	3,69
45	CO	H	1,91	0,36	1,95	0,70	5,20
50	2. Tratamiento: pH 6,3						
55	Suelo	R/H	Ca	Mg	K	P	N
	CC	R	0,48	0,32	2,05	0,41	3,99
	CC	H	2,89	0,95	1,05	0,38	5,39
	CO	R	0,48	0,17	3,70	0,85	3,57
60	CO	H	2,5	0,45	3,5	0,71	5,05

ES 2 095 191 B1

TABLA 24 (Continuación)

Concentraciones medias de los nutrientes en los extractos de materia seca de rabanitos (% en peso).

3. Tratamiento: pH 7,0						
Suelo	R/H	Ca	Mg	K	P	N
CC	R	0,3	0,26	2,42	0,46	3,16
CC	H	3,0	1,01	1,79	0,57	4,71
CO	R	0,42	0,19	3,60	1,02	3,74
CO	H	2,8	0,5	2,8	0,87	4,61

R: Raíz; H: Hojas

Se puede observar que los niveles de Ca y Mg para el cultivo de rabanitos aumenta, en general, con la adición del DRC a los pHs seleccionados, sobre todo en las hojas. En los dos suelos estudiados, el tratamiento de pH 6,3 parece más favorable a la incorporación de estos elementos a la planta.

TABLA 25

Concentraciones medias de los nutrientes en los extractos de materia seca de girasol (% en peso)

1. Tratamiento: Testigo					
Suelo	Ca	Mg	K	P	N
CC	2,0	0,44	2,6	0,17	3,96
CO	1,45	0,42	2,0	0,48	2,96
2. Tratamiento: pH 6,3					
Suelo	Ca	Mg	K	P	N
CC	2,03	0,85	1,1	0,11	2,22
CO	1,94	0,6	2,1	0,43	2,39
3. Tratamiento: pH 7,0					
Suelo	Ca	Mg	K	P	N
CC	1,97	0,91	1,2	0,1	2,06
CO	2,21	0,65	2,4	0,51	2,58

Puede apreciarse, en el caso del girasol, que en los dos suelos ensayados, los niveles de Mg presentan un aumento mientras que los de Ca no se modifican con el incremento de pH.

5 En general, según la bibliografía, la disponibilidad del Mg disminuye a medida que aumenta el pH del suelo, por lo que la adición de este elemento con el DRC compensa la tendencia del mismo.

Los valores de K y P se incrementan en la raíz de los rabanitos tratados con DRC frente a los testigos, lo que confirma cómo la adición de una cal (DRC) aumenta la disponibilidad de estos nutrientes para la planta en suelos ácidos.

10 No obstante, esta tendencia se invierte cuando se evalúa la cantidad de K y P en la parte aérea de los rabanitos y en el girasol, y se hace más acusada en el caso del suelo más ácido (CC). Posiblemente, para la mayoría de los cultivos estudiados, el P y el K solubles aumentan cuando la cal induce incrementos en el pH, no variando significativamente e incluso descendiendo los cambiables.

15 El comportamiento del N frente al encalado es mucho más homogéneo, presentando en todos los casos un descenso en los niveles de este elemento en las muestras tratadas frente a las muestras testigo. Esta disminución puede ser de hasta un 48% en el caso del girasol sembrado en el suelo CC con respecto al testigo. Este hecho contrasta con la experiencia descrita por Gallo et al. [Gallo, P.A., Mascarenhas,
20 H.A.A., Quaggio, J.A., y Bataglia, O.C., 1986, *Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem*, R. Bras. Ci. Solo, 10, 253-258] en la que aplicó distintas dosis de caliza dolomítica a un suelo sobre el que se sembró soja. En todos los tratamientos, la concentración de N en la planta es mayor que en el testigo, lo que indica que el comportamiento del encalante no sólo depende del pH inicial del suelo sino de las características del mismo y del cultivo sembrado.

25

30

35

40

45

50

55

60

REIVINDICACIONES

1. Un método para aumentar la producción de los cultivos en suelos ácidos **caracterizado** porque comprende:

5

(a) averiguar el pH óptimo para cada cultivo, y

(b) añadir la cantidad necesaria de residuo dolomítico (DRC) procedente de la industria del acero para conseguir ese pH óptimo.

10

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el pH óptimo para cada cultivo es aquel en el que desaparecen los factores que impiden el desarrollo correcto de la planta cultivada y que no induce deficiencias en el abastecimiento de nutrientes necesarios para la planta.

15

3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la cantidad necesaria de DRC se determina mediante la realización de una curva de neutralización del pH del suelo con el DRC obtenida por incubación de una muestra del suelo ácido con dosis crecientes de DRC.

20

4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la aplicación del DRC en el suelo ácido se efectúa de forma manual.

5. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la aplicación del DRC en el suelo ácido se efectúa mediante el empleo de distribuidoras centrífugas.

25

6. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la aplicación del DRC se realiza combinada con otros subproductos de tipo orgánico.

7. Método según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la aplicación del DRC se realiza combinada con orujo en una relación DRC:orujo de 1:3 (V:V).

30

8. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque incluye, además, un abonado complementario del suelo con un fertilizante N-P-K.

35

9. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho suelo ácido tiene un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) comprendida entre 4,3 y 5,8.

10. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho suelo ácido tiene un pH en una solución de CaCl_2 0,01 M comprendida entre 3,9 y 5,3.

40

11. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 4,3 se le adicionan 4,6 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 6,3.

45

12. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 4,3 se le adicionan 10,6 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 7,0.

50

13. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 5,1 se le adicionan 2,2 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 6,3.

14. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 5,1 se le adicionan 3,5 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 7,0.

55

15. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 5,4 se le adicionan 0,9 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 6,3.

60

16. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 5,4 se le adicionan 2,3 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 7,0.

ES 2 095 191 B1

17. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 5,8 se le adicionan 0,96 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 6,3.

5 18. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque a un suelo ácido con un pH en una suspensión acuosa con una relación suelo:agua de 1:2,5 (P:V) de 5,8 se le adicionan 2,6 Tm/Ha de DRC para elevar su pH hasta 7,0.

19. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el DRC utilizado, cuando se calcina a 10 1.000°C, tiene un contenido en CaO de alrededor del 60% en peso respecto al residuo calcinado.

20. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el DRC utilizado, cuando se calcina a 1.000°C, tiene un contenido en MgO de alrededor del 40% en peso respecto al residuo calcinado.

15 21. Un procedimiento para obtener un residuo dolomítico (DRC) procedente de los ladrillos dolomíticos refractarios usados en la industria del acero, adecuado para su empleo en un método para aumentar la producción de los cultivos en suelos ácidos según las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizado** porque comprende:

20 a) una primera etapa que consiste en la demolición de la pared del ladrillo refractario mediante el empleo de unos medios mecánicos adecuados que garanticen la recuperación del residuo dolomítico, tales como un martillo percutor, una cuchara que arranque la pared del refractario y retire los ladrillos demolidos del interior del convertidor, o unas cucharas de trasvase; y

25 b) una segunda etapa que consiste en la disgregación de los ladrillos retirados en la primera etapa hasta que se convierten en gránulos o en polvo.

22. Procedimiento según la reivindicación 21, **caracterizado** porque la disgregación se efectúa de forma espontánea o de forma mecánica mediante un proceso de molienda.

30 23. Procedimiento según la reivindicación 21, **caracterizado** porque el DRC obtenido y calcinado a 1.000°C tiene un contenido en CaO de alrededor del 60% en peso respecto al residuo calcinado.

35 24. Procedimiento según la reivindicación 21, **caracterizado** porque el DRC obtenido y calcinado a 1.000°C tiene un contenido en MgO de alrededor del 40% en peso respecto al residuo calcinado.

25. Empleo del residuo dolomítico (DRC) procedente de los ladrillos dolomíticos refractarios usados en la industria del acero obtenible según el procedimiento de las reivindicaciones 21 a 24, como encalante y corrector del pH de suelos ácidos.

40 26. Empleo del residuo dolomítico (DRC) procedente de los ladrillos dolomíticos refractarios usados en la industria del acero obtenible según el procedimiento de las reivindicaciones 21 a 24, como enmienda de aporte de Mg en suelos deficitarios en Mg.

45 27. Empleo del residuo dolomítico (DRC) procedente de los ladrillos dolomíticos refractarios usados en la industria del acero obtenible según el procedimiento de las reivindicaciones 21 a 24, como aditivo de calizas exclusivamente de tipo cálcico.

50

55

60



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.⁶: C09K17/04, C05D5/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	DE-3513483-A (BREHMER) 16.10.86 * todo el documento *	1, 25-27
Y	Base de datos WPIL en Questel, semana 8348, Londres, Derwent Publications Ltd., AN 83-830520 & JP-58181780-A (TAIYO HIRYO KK) 24.10.83 * resumen *	1, 25-27

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 n.º:

Fecha de realización del informe
19.12.96

Examinador
A. Maqedano Herrero

Página
1/1