

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 212**

51 Int. Cl.:

**B01J 20/20** (2006.01)  
**B01J 20/30** (2006.01)  
**B01J 20/28** (2006.01)  
**C01B 31/12** (2006.01)  
**C05G 3/00** (2006.01)  
**B01D 53/86** (2006.01)  
**C05C 3/00** (2006.01)  
**B01D 53/58** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2007 PCT/CA2007/001492**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2008 WO08022461**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2007 E 07800518 (8)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2081676**

54 Título: **Procedimiento de preparación de un carbono activo impregnado con ácido y su utilización**

30 Prioridad:

**23.08.2006 US 823347 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.10.2016**

73 Titular/es:

**SULVARIS INC. (100.0%)  
 6443- 2nd Street S.E.  
 Calgary, AB T2H 1J5, CA**

72 Inventor/es:

**JOHNSON, RICHARD L.;  
 KUZUB, R. EUGENE y  
 TAK, JIN KWON**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**Observaciones :**

**Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 588 212 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

### Procedimiento de preparación de un carbono activo impregnado con ácido y su utilización

#### 5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir una composición que comprende una matriz de carbono activo impregnada con un ácido inorgánico y al uso de la misma.

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 El amoníaco es sustancia química importante para la industria y la agricultura. Se utiliza en la fabricación de numerosos polímeros y textiles y también es la base esencial de los fertilizantes nitrogenados.

El amoníaco del aire o del agua puede tener su origen en la descomposición de urea, proteínas y otras sustancias orgánicas nitrogenadas, o en el escape  
15 accidental de amoníaco durante su uso en la industria o la agricultura. El amoníaco en el aire es tóxico para los humanos y los animales en concentraciones de 25 a 500 partes por millón, dependiendo del tiempo de exposición aceptable. En cualquier concentración, el amoníaco del aire se combina con componentes ácidos, tales como dióxido de azufre, para formar una  
20 materia particulada de menos de 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro ( $\text{PM}_{2.5}$ ), que es un contaminante especialmente nocivo que puede penetrar profundamente en las vías respiratorias humanas. Además, el amoníaco en suspensión en el aire provoca la corrosión de estructuras metálicas y se considera una de las más importantes causas de los problemas de olor.

25 El amoníaco es muy soluble en el agua, donde puede causar mortalidad entre los peces en altas concentraciones y contribuir a la eutrofización y a un enrarecimiento del oxígeno, estimulando el crecimiento de las poblaciones de algas.

El amoníaco puede eliminarse del aire por diversos procedimientos. En primer  
30 lugar, y lo que resulta más económico, se diluye el aire cargado de amoníaco con aire de baja concentración de amoníaco, de manera que se alcanzan niveles aceptables. Sin embargo, este enfoque de la "dilución" distribuye el amoníaco por

un área más amplia y contribuye así a la formación de  $PM_{2.5}$ . En explotaciones ganaderas cerradas, donde se acumulan niveles tóxicos de amoniaco como resultado de la deposición urinaria de los animales, se expulsa el aire interior y se introduce aire exterior como "aire de fresco". Sin embargo, en condiciones climáticas frías, la eliminación del aire cargado de amoniaco requiere calentar el aire de fresco para mantener temperaturas constantes dentro del establo.

Otra opción es eliminar el amoniaco del aire haciéndolo burbujear a través de agua, reteniendo así el amoniaco como amoniaco acuoso e ion amonio ( $NH_4^+$ ). Sin embargo, según aumentan los niveles de amonio aumenta el pH del agua y el amoniaco es liberado de nuevo al aire. Además, el agua amoniacal diluida no es valiosa y debe también eliminarse. Una tercera opción, y quizás la más común de todas, es hacer burbujear aire cargado de amoniaco a través de ácidos inorgánicos, como ácido sulfúrico o clorhídrico o nítrico. El amoniaco se convierte en la sal equivalente (sulfato de amonio, cloruro de amonio o nitrato de amonio). Las desventajas de la tercera opción son: (a) desarrollo de una considerable contrapresión como resultado de hacer burbujear aire a través de líquidos y (b) las sales que se forman están mezcladas con el ácido líquido y son difíciles de separar, limitando así la utilidad de los subproductos.

Otra opción es reducir el amoniaco a nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) por tratamiento electroquímico, pero este procedimiento adolece de un alto coste de explotación y la necesidad de un complejo equipo de procesamiento.

Si es necesario eliminar el amoniaco del agua, por ejemplo de aguas residuales que vayan a volver a introducirse en masas de agua naturales, el amoniaco se descarga del agua al aire, donde pasa a ser de nuevo un problema de eliminación del aire. Por tanto, todas las tecnologías arriba mencionadas para eliminar el amoniaco del aire son igualmente aplicables para tratar el amoniaco presente en el agua.

Así, existe en la técnica actual la necesidad de una matriz de carbono activo que elimine el amoniaco del aire y que pueda mitigar algunas o todas las dificultades existentes en el estado actual de la técnica.

Remitimos al lector también a Shin et al "Deodorization Technology at Industrial Facilities Using Impregnated Activated Carbon Fiber" JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING OF JAPAN VOL. 34, Nº 3 2001, PÁGINAS 401-406.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir una matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico para el uso como adsorbente químico según la reivindicación 1, a un procedimiento para adsorber químicamente amoníaco de una corriente de gas según la reivindicación 7, a un  
5 procedimiento para producir un producto fertilizante según la reivindicación 11 y a una composición fertilizante según la reivindicación 13.

Así, en líneas generales, la invención se refiere a una nueva composición que comprende carbono activo impregnado con ácido que puede producirse convirtiendo un material carbonoso en una matriz de carbono activo mientras se  
10 infunde ácido dentro de la matriz de carbono activo. Además, la presente invención incluye un procedimiento para utilizar el carbono activo impregnado de ácido para eliminar amoníaco de corrientes de gas, así como un procedimiento para producir un material fertilizante a partir de los medios gastados.

En una realización, el ácido inorgánico comprende uno de los ácidos siguientes:  
15 sulfúrico, clorhídrico, fosfórico o nítrico. La composición sólida tiene preferentemente un área superficial de al menos aproximadamente  $10 \text{ m}^2/\text{gramo}$ , con mayor preferencia como mínimo aproximadamente  $30 \text{ m}^2/\text{gramo}$  y con la máxima preferencia como mínimo aproximadamente  $500 \text{ m}^2/\text{gramo}$ .

En una realización, la matriz de carbono activo se forma a partir de un material carbonoso por la adición del ácido inorgánico al material carbonoso, teniendo la  
20 matriz de carbono activo un área superficial igual a como mínimo aproximadamente 5 veces la del material carbonoso, y con preferencia igual a aproximadamente 10 veces, con mayor preferencia aproximadamente 100 veces y con la máxima preferencia aproximadamente 300 veces, el área superficial del  
25 material carbonoso.

En una realización, el material carbonoso puede comprender madera. El material carbonoso puede peletizarse antes de aplicar un ácido inorgánico, o la matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico puede peletizarse. En una  
realización, la matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico puede  
30 elutriarse con agua para extraer por lavado la sal fertilizante después de la adsorción química de amoníaco.

En una realización, la matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico se perturba durante el flujo de gas y puede estar en forma peletizada o granular.

En una realización, el procedimiento comprende además el paso de elutriar el producto fertilizante de la matriz de carbono activo, dejando detrás el carbono activo.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 5 A continuación se describe la invención mediante un ejemplo de realización, en referencia a la figura simplificada, esquemática y no a escala adjunta. En la figura:

Figura 1: gráfico que muestra la relación entre la velocidad superficial del gas fluyente y la profundidad de lecho de matriz de carbono activo necesaria para mantener una caída de presión mínima deseada.

#### 10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un medio poroso sólido producido a partir de materiales carbonosos impregnados de ácido y a un aparato para eliminar amoníaco de una corriente de gas haciendo fluir el gas a través del medio poroso sólido impregnado de ácido, así como a una composición que es el subproducto  
15 de hacer reaccionar amoníaco con el ácido impregnado en la matriz de carbono activo. En la descripción de la presente invención, los términos siguientes tienen los significados siguientes, a no ser que se indique otra cosa. Todos los términos no definidos aquí tienen sus significados habituales admitidos en la técnica actual.

En la medida en que la siguiente descripción es de una realización específica o de un uso concreto de la invención, tiene solamente fines ilustrativos y no el de  
20 limitar la invención reivindicada. La siguiente descripción pretende cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes incluidos en el alcance de la invención, según está definida en las reivindicaciones adjuntas.

"Material carbonoso" incluye madera y otros materiales lignocelulósicos.

- 25 "Ácido líquido" significa ácido inorgánico seleccionado entre los ácidos sulfúrico, fosfórico, nítrico o clorhídrico.

"Carbono activo" significa un material microporoso sólido con una gran área superficial que comprende fundamentalmente carbono elemental y que contiene pequeñas cantidades de otros elementos que originalmente se encontraban en  
30 los materiales carbonosos a partir de los cuales se ha formado el carbono activo, que pueden incluir, sin limitarse a los mismos, elementos tales como oxígeno,

hidrógeno, nitrógeno, azufre, silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio y potasio.

"Matriz de carbono activo" significa carbono activo en una forma sólida lo suficientemente porosa para permitir el paso de gas a través de sus espacios interiores.

"Gas" significa cualquier sustancia o combinación de sustancias existente en un estado gaseoso a temperatura y presión estándar.

"Adsorción química" significa la unión o adsorción de una molécula de gas en una superficie sólida o líquida y cualesquiera reacciones resultantes entre la molécula de gas y el sólido o el líquido.

Los inventores han descubierto que los materiales carbonosos reaccionan con ácido líquido para formar una matriz de carbono activo impregnada del ácido. Esta reacción puede producirse en condiciones ambientales.

En términos generales, una matriz de carbono activo impregnada de ácido puede formarse:

1. si es necesario, ajustando el contenido de humedad de un material carbonoso al nivel deseado;
2. ajustando el tamaño de partícula del material carbonoso al espectro deseado;
3. aplicando ácido líquido al material carbonoso; y
4. mezclando el material carbonoso y el ácido líquido hasta que se haya completado la reacción química.

El material carbonoso comprende cualquier material lignocelulósico de biomasa adecuado, incluyendo madera y otros materiales lignocelulósicos como paja y fibra de coco. Como material carbonoso se prefieren en particular astillas o virutas de madera.

El contenido de humedad del material carbonoso depende de la materia prima y del tamaño de partícula y puede oscilar entre aproximadamente cero y un 50% en masa húmeda, con preferencia entre aproximadamente un 5 y un 35% y con mayor preferencia entre aproximadamente un 15 y un 25%. El material carbonoso puede secarse si el contenido de humedad es mayor que el nivel deseado, o puede añadirse agua al material carbonoso para aumentar el nivel de humedad.

El material carbonoso puede procesarse para obtener partículas de un tamaño adecuado, dependiendo de la aplicación prevista y de la materia prima, por cualquier procedimiento adecuado, incluyendo por ejemplo picadura, trituración, corte u otra manera de reducir el tamaño de partícula. Adicionalmente, si la materia prima consiste en partículas muy pequeñas, las partículas pueden aglomerarse para crear partículas más grandes del tamaño adecuado. El tamaño de partícula del material carbonoso puede estar en un espectro medio de aproximadamente 0,1 mm a 10 mm, con preferencia de aproximadamente 1 a 5 mm y con mayor preferencia de aproximadamente 3 mm.

10 El ácido líquido es un ácido inorgánico seleccionado entre los ácidos sulfúrico, fosfórico, clorhídrico y nítrico. Por supuesto, la selección del ácido cambiará la sal formada si el ácido reacciona con una molécula adsorbida químicamente. Así, si el material se utiliza para eliminar amoníaco de una corriente de gas, la utilización de ácido sulfúrico tendrá como resultado la formación de sulfato de amonio.

15 La concentración de ácido líquido utilizada depende del contenido de humedad del material carbonoso, siendo las concentraciones menores adecuadas para un menor contenido de humedad, y oscila entre un 75 y un 100% y es con mayor preferencia de un 100% (siendo 100% la forma concentrada del ácido). La cantidad de ácido líquido utilizada depende en parte del tamaño de partícula del material carbonoso y la concentración del ácido utilizado y oscila entre 1 parte de ácido por 1 parte de material carbonoso (en peso) para las partículas más pequeñas y 10 partes de ácido por 1 parte de material carbonoso para las partículas más grandes (aproximadamente 10 mm). La relación entre el ácido y el material carbonoso está con preferencia entre aproximadamente 2:1 y 5:1 y en especial es de aproximadamente 4:1 (en peso).

El material carbonoso y el ácido líquido se mezclan hasta que la reacción se haya completado esencialmente, dependiendo el tiempo necesario para ello del contenido de humedad, el tamaño de partícula, la concentración del ácido y la relación ácido/materia prima, pero estando este tiempo normalmente entre aproximadamente 2 y 35 minutos, con preferencia entre aproximadamente 5 y 25 minutos y siendo con mayor preferencia de aproximadamente 15 minutos. En una realización, la conclusión de la reacción puede vigilarse por la temperatura. Al iniciarse la reacción, la temperatura normalmente aumenta hasta alcanzar un máximo y cae al completarse la reacción.

En una realización, el ácido líquido se rocía sobre el material carbonoso según avanza la mezcla. En otra realización, el material carbonoso se conforma en pélets y a continuación el ácido líquido se aplica a la forma peletizada del material carbonoso.

- 5 El ácido convierte el material carbonoso en una matriz de carbono activo y el exceso de ácido se impregna en la matriz de carbono activo. Aunque haya grandes cantidades de ácido impregnado en la matriz de carbono, el producto tiene el aspecto de un material sólido y se comporta como tal. Una matriz sólida que contenga grandes cantidades de un ácido fuerte es científica y  
10 comercialmente importante, porque a través de una matriz porosa de carbono activo puede hacerse fluir gas con una eficacia mayor y un gasto menor que a través de una cantidad equivalente de líquido.

La conversión del material carbonoso en carbono activo y la impregnación de ácido se realizan en un paso. Además, la matriz de carbono activo impregnada de  
15 ácido no requiere un procesamiento ulterior antes de utilizarla como adsorbente químico. Así, no es necesario ni deseable un tratamiento térmico, un paso de lavado o neutralización o un paso subsiguiente de sulfonación del gas.

Como resultado, la matriz de carbono impregnada de ácido puede utilizarse como material adsorbente químico gracias a su microporosidad y su gran área  
20 superficial. Por tanto, cualquier componente básico que se halle en el gas que se hace fluir a través del material puede eliminarse y convertirse en un subproducto sólido más eficazmente.

En una realización, el material se utiliza para eliminar amoniaco de una corriente de gas. El amoniaco reacciona con los ácidos inorgánicos para formar la sal de  
25 amonio correspondiente y es retenido por el material sólido según lo atraviesa el gas.

Una corriente de gas que contenga amoniaco puede dirigirse a una cámara de reacción sellada que comprenda la matriz de carbono activo impregnada de ácido, en forma bien sólida, bien granular o bien peletizada. La matriz de carbono activo  
30 puede comprender un lecho fijo o puede perturbarse mediante el flujo de gas o por medios mecánicos, tal como con un lecho fluidizado o un lecho pseudofluidizado. Preferentemente se prevén medios para reponer o reemplazar periódicamente la matriz de carbono activo.

El amoníaco es adsorbido químicamente por la matriz de carbono activo impregnada de ácido y se convierte en una sal fertilizante con una baja acidez residual y sólo pequeñas cantidades de carbono y otros elementos. De este modo, la matriz de carbono activo gastada es una fuente útil de nutrientes seleccionados para la agricultura y para aplicaciones hortícolas. Así se reduce el coste de la eliminación de amoníaco y se crea un subproducto de valor añadido.

La matriz de carbono activo gastada puede peletizarse utilizando procedimientos convencionales para formar pélets de fertilizante o procesarse de otro modo para obtener una forma agrícola u hortícola útil. Si se peletiza o se procesa en forma granular, los pélets pueden proporcionar un mecanismo de efecto lento para el fertilizante de sal de amonio.

En una realización, la sal de amonio, por ejemplo sulfato de amonio, se elutria de la matriz de carbono activo con agua. A continuación, la solución de sulfato de amonio puede concentrarse y conformarse como un fertilizante, dejando la matriz de carbono activo.

## EJEMPLOS

Los ejemplos siguientes tienen como fin ilustrar, pero no limitar, la invención reivindicada.

Se añadió ácido sulfúrico concentrado a un material carbonoso en relaciones en peso que variaban entre aproximadamente 2,5:1 y aproximadamente 4,5:1. Se vigiló la temperatura del material y se registró el contenido final de ácido del material. Los resultados se muestran en la Tabla 1 siguiente.

Tabla 1 Contenido final de ácido y temperatura máxima alcanzados en la matriz de carbono activo después de añadir ácido sulfúrico a una fuente de carbono

<b>Relación ácido:fuelle de carbono</b>	<b>Temperatura máxima (°C)</b>	<b>Contenido final de ácido (%)</b>
2,5	166,0	71,0
3,0	155,0	74,0
3,5	125,0	80,2
4,0	96,5	78,9
4,5	86,0	82,6

En la Tabla 1 puede verse también que el ácido líquido no sólo transforma el material carbonoso en carbono activo, sino que también tiene como resultado la impregnación de ácido en la matriz de carbono activo. Dependiendo de la relación entre ácido líquido y material carbonoso, tanto como un 82% en peso de la matriz de carbono activo resultante es ácido.

Además, la Tabla 1 muestra que la temperatura máxima de la reacción disminuye con el aumento de la relación entre el ácido y el material carbonoso. Aunque no se muestra en la Tabla 1, ninguno de los ensayos tuvo como resultado más de un cinco por ciento de pérdida en el balance de masas, es decir que la suma de la pérdida de material carbonoso y ácido durante la reacción para producir el producto sólido no sobrepasó el cinco por ciento.

Se cuantificó el alcance de la reacción de material carbonoso con ácido sulfúrico. La transformación de material carbonoso en matriz de carbono activo porosa que comprendía carbono activo quedó demostrada por un gran cambio en el área superficial.

Tabla 2 Efecto en el área superficial de añadir ácido sulfúrico concentrado (2,5 partes) a materiales carbonosos (1 parte).

Material carbonoso	Área superficial	
	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
	----- m <sup>2</sup> /g-----	
Virutas de madera	2,07	630,89

La reacción de un material carbonoso con un ácido líquido lleva a un gran aumento del área superficial de la matriz de carbono, en particular de madera. El área superficial de las virutas de madera antes de la reacción era de aproximadamente dos metros cuadrados por gramo; después de la reacción, el área superficial aumentó a más de seiscientos metros cuadrados por gramo. Esto representa aproximadamente un aumento de trescientas veces el área superficial. Se ha descubierto sorprendentemente que la matriz de carbono activo impregnada de ácido adsorbe químicamente por completo y con rapidez cualquier concentración de amoníaco en una corriente de gas.

Tabla 3 Efecto de las características del gas portador y la concentración de  $\text{NH}_3$  del gas de entrada en la adsorción de  $\text{NH}_3$

Fuente carbonosa de adsorbente	Profund. de lecho (cm)	Propiedades del gas portador				Concentración de $\text{NH}_3$	
		Veloc. superf. (cm/s)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	HR <sup>(1)</sup> (%)	Humedad (% v/v)	Entrada (ppm)	Salida
Virutas madera	3,2	46,7	22	45	1,18	95	<1
Virutas madera	1,4	9,6	22	100	2,58	1.994	<1
Virutas madera	1,0	11	60	100	20,32	1.767	<1
Virutas madera	9,0	3,1	21	0	0,00	80.200	<1
Virutas madera	9,0	3,1	21	100	2,43	80.200	<1
Virutas madera	7,0	7,9	23	0	0,00	150.000	<1

<sup>(1)</sup> Humedad relativa

Los resultados expuestos en la Tabla 3 demuestran que la matriz de carbono activo adsorbe químicamente el amoniaco en una corriente de gas dentro de un intervalo de noventa y cinco partes por millón en volumen a ciento cincuenta mil partes por millón en volumen, de manera que las concentraciones de salida del amoniaco son inferiores a una parte por millón. Además, la Tabla 3 demuestra que la variación de la temperatura o de la humedad relativa del gas no afecta a la adsorción química del amoniaco, con tal de que no se produzca una caída significativa de la temperatura.

Para determinar variables de respuesta críticas, se realizaron ensayos con el fin de determinar la profundidad de lecho y el tiempo de reacción mínimos requeridos para adsorber el 100% del amoniaco presente en una corriente de gas.

Tabla 4 Efecto de las características de la matriz de carbono activo y la temperatura del gas en las variables de respuesta críticas<sup>(1)</sup>.

Fuente carbonosa de adsorbente	Características del gas				Variables de respuesta críticas <sup>(1)</sup>	
	Conc. $\text{NH}_3$ entrada (ppmv)	Veloc. superf. (cm/s)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	Humedad relativa (%)	Profund. de lecho (mm)	Tiempo de reacción (ms)
Virutas madera	1.994	9,6	22	100	7	75
Virutas madera	1.767	11	60	100	7	62
Virutas madera	1.991	17	23	100	10	61

(1) Las variables de respuesta críticas son los valores de parámetro mínimos requeridos para adsorber el 100% del  $\text{NH}_3$

La Tabla 4 demuestra que sólo se necesitan entre siete y once milímetros de matriz de carbono activo impregnada de ácido para adsorber químicamente con rapidez (entre sesenta y uno y ciento nueve milisegundos) todo el amoniaco (aproximadamente dos mil partes por millón en volumen) de un gas que fluye a una velocidad entre diez y diecisiete centímetros por segundo. Nuestra conclusión es que la adsorción química del amoniaco es muy rápida y se necesita muy poca exposición a la masa de la matriz de carbono activo impregnada de ácido para eliminarlo por completo. La Tabla 4 demuestra que las temperaturas del gas altas (60°Celsius) no afectan al tiempo de retención necesario para adsorber químicamente el amoniaco, siempre que la temperatura del gas no caiga al pasar éste a través de la matriz de carbono activo (todas las corrientes de gas estaban saturadas con humedad a sus temperaturas respectivas).

Mediante los ensayos, hemos determinado que la matriz de carbono activo impregnada de ácido, aunque se haya convertido en su sal fertilizante, facilita el flujo de gas con una caída mínima de presión incluso con caudales altos. El gráfico mostrado en la Figura 1 muestra que, para una matriz de carbono activo impregnada de ácido no peletizada que ya se ha convertido en su sal fertilizante por la adsorción química de amoniaco, la caída de presión no sobrepasa un kilopascal y medio, incluso con caudales de ochenta centímetros por segundo a través de diez centímetros de matriz de carbono activo. De la Figura 1 se desprende también que, según disminuye el caudal, la profundidad del lecho de matriz de carbono activo puede aumentar de manera exponencial sin provocar una caída de presión de más de un kilopascal y medio. En los ensayos se ha determinado también que, con un caudal de gas invariable, medido como velocidad superficial, un lecho perturbado – vibrado periódicamente – provoca menos caída de presión que un lecho "fijo", es decir uno que no estuviera perturbado durante los ensayos.

La cantidad de amoniaco adsorbida por la matriz de carbono activo impregnada de ácido se midió mediante la proporción de amoniaco adsorbido por unidad de masa de la matriz de carbono activo. La Tabla 6 demuestra que la matriz de carbono activo impregnada de ácido adsorbe entre doscientos y doscientos veintitrés miligramos de amoniaco por gramo de matriz de carbono activo, lo que representa un veinte a un veintitrés por ciento de amoniaco en peso.

Tabla 6  $\text{NH}_3$  total adsorbido (por gramo de matriz de carbono activo) y densidad aparente de la matriz de carbono activo impregnada de ácido "gastada" en relación con el tamaño de partícula original.

<b>Tamaño de partícula</b> (mm)	<b><math>\text{NH}_3</math> adsorbido</b> (mg/g)	<b>Densidad aparente</b> ( $\text{kg/m}^3$ )
< 0,5	200	513
0,5 - 1,0	230	614
1,0 - 1,7	220	628
1,7 - 2,0	220	623
2,0 - 2,8	220	547
2,8 - 3,4	230	636
3,4 - 4,0	220	610
> 4,0	230	680

- 5 La Tabla 6 demuestra también que la densidad aparente de la matriz de carbono activo después de la adsorción química del amoníaco aumenta a aproximadamente quinientos a setecientos kilogramos por metro cúbico.

Se realizaron ensayos para determinar la composición química de la matriz de carbono activo impregnada de ácido después de la adsorción química del amoníaco. El medio impregnado de ácido totalmente convertido se denomina matriz de carbono activo "gastada". La Tabla 7 muestra la composición química de la matriz de carbono activo gastada una vez completada la adsorción química total del amoníaco. En la Tabla 7 puede verse que la sal fertilizante comprende un ochenta y cuatro por ciento en peso de la matriz de carbono activo gastada una vez completada la adsorción química del amoníaco.

Tabla 7 Componentes en la matriz de carbono activo impregnada de ácido una vez completada la adsorción del  $\text{NH}_3$

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad (%)</b>
Sulfato de amonio	84,0
Composición elemental <sup>(1)</sup>	
Nitrógeno	18,0
Azufre	11,2
Carbono	5,9
Oxígeno	40,0
Otros	4,3

Ácido residual

0,6

<sup>(1)</sup> Incluye elementos en el sulfato de amonio y residuos de la matriz adsorbente.

Además, la Tabla 7 demuestra que en la matriz de carbono activo gastada permanecen sólo seis décimas partes de un uno por ciento del ácido original. La composición elemental de la matriz de carbono activo gastada es coherente con la gran proporción de sal fertilizante, que es sulfato de amonio en el caso del experimento que da lugar a los datos mostrados en la Tabla 7. El contenido de carbono remanente de las virutas de madera originales es de menos de un seis por ciento en peso.

**Reivindicaciones**

1. Procedimiento para producir una matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico para su uso como adsorbente químico a partir de un material de biomasa lignocelulósico carbonoso, que comprende el paso de aplicar un ácido inorgánico al material de biomasa carbonoso mientras se mezclan ambos componentes, comprendiendo el ácido inorgánico ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido fosfórico o ácido sulfúrico con una fuerza de un 75% a un 100% de ácido inorgánico concentrado y que se aplica en una proporción entre 1:1 y 10:1 en peso del material de biomasa carbonoso, caracterizado porque la conversión del material carbonoso en carbono activo y la impregnación de ácido se realizan en un paso, sin un procesamiento ulterior de la matriz de carbono activo impregnada de ácido mediante tratamiento térmico, lavado, neutralización o un paso de subsiguiente de sulfonación de gas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además el paso de secar o humedecer el material de biomasa carbonoso hasta un contenido en humedad adecuado antes de la aplicación del ácido.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además el paso de triturar el material de biomasa carbonoso hasta un espectro granulométrico adecuado antes de la aplicación del ácido.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además el paso de peletizar el material carbonoso antes de aplicar un ácido inorgánico.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además el paso de peletizar o granular la matriz de carbono impregnada de un ácido inorgánico.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el ácido inorgánico comprende ácido sulfúrico concentrado.
7. Procedimiento para adsorber químicamente amoníaco de una corriente de gas, que comprende los pasos de:
  - a) disponer una matriz de carbono activo impregnada de ácido inorgánico formada mediante el proceso según la reivindicación 1 en un reactor; y
  - b) hacer fluir un gas con contenido en amoníaco a través del reactor.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque la matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico se perturba durante el flujo del gas.
- 5 9. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque la matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico está en forma peletizada o granular.
- 10 10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque los pélets o gránulos de la matriz de carbono activo impregnada de un ácido inorgánico se perturban durante el flujo del gas.
- 10 11. Procedimiento para producir un producto fertilizante a partir de la matriz de carbono activo impregnada de ácido inorgánico formada mediante el proceso según la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento para producir un producto fertilizante los pasos de:
  - 15 a) convertir el ácido presente en la matriz de carbono activo en su sal correspondiente exponiendo la matriz de carbono activo a gas amoniacal; y
  - b) cribar la matriz de carbono activo hasta un espectro granulométrico deseado o peletizar o granular la matriz de carbono activo para lograr un espectro granulométrico deseado.
- 20 12. Procedimiento según la reivindicación 11, que además comprende el paso de elutriar el producto fertilizante a partir de la matriz de carbono activo.
13. Composición fertilizante producida mediante el procedimiento según la reivindicación 11.

