(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 999 858**

(51) Int. Cl.:

C05B 7/00 (2006.01)
C05B 9/00 (2006.01)
C05C 1/00 (2006.01)
C05C 1/02 (2006.01)
C05G 5/12 (2010.01)
C05G 5/30 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2021 PCT/EP2021/080660**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.05.2022 WO22096583**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2021 E 21802736 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024 EP 4240707**

(54) Título: **Composición a base de nitrato de amonio que comprende estruvita y método de fabricación de la misma**

(30) Prioridad:

06.11.2020 EP 20206161

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2025

(73) Titular/es:

YARA INTERNATIONAL ASA (100.00%)
Drammensveien 131
0277 Oslo, NO

(72) Inventor/es:

WINNE, ERIKA;
TEIRLYNCK, DAVY;
VAN DE WIJNCKEL-HAVERBEKE, PETRA G.P. y
RUSYDI FATAHILLAH, MOHAMMAD

(74) Agente/Representante:

DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

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

Composición a base de nitrato de amonio que comprende estruvita y método de fabricación de la misma

Campo de la invención

La presente divulgación se refiere a una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita. En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un método para la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita. La presente divulgación también proporciona el uso de estruvita como aditivo en la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio.

Antecedentes de la invención

El nitrato de amonio es un material inorgánico importante, ampliamente usado en la actualidad. Se usa en diferentes industrias, y sus dos principales aplicaciones son la agricultura como fertilizante y como explosivo. Como fertilizante, aporta nitrógeno al suelo en dos formas: iones de amonio e iones de nitrato. Los iones de nitrato son absorbidos fácilmente por los cultivos y se consideran una fuente de fertilizante de acción rápida. Los iones de amonio también pueden ser absorbidos como tales por los cultivos, pero a una velocidad mucho menor que el nitrato. Los iones de amonio también se oxidan lentamente a iones de nitrato por agentes tales como bacterias, enzimas y hongos contenidos en el suelo o en las raíces de los cultivos, y a continuación son fácilmente absorbidos por los cultivos. Los iones de amonio se consideran una fuente de nitrógeno de acción lenta.

Las composiciones particuladas sólidas que comprenden nitrato de amonio a menudo tienen una dureza o resistencia a la compresión baja, lo que significa que las partículas se rompen fácilmente durante la producción, el almacenamiento, la manipulación y el transporte. Se han desarrollado métodos de fabricación para solucionar este problema. Por ejemplo, el documento GB2045735B (Compagnie Neerlendaise de l'azote, 1983) divulga la fabricación de partículas de nitrato de amonio que contienen nitrato de magnesio.

El documento US5849060 (Zhengzhou Centre of Popularization & Research on Zhengzhou Luxuriance Phosphate & Compound Fertilizer, 1998) divulga partículas de nitrato de amonio o urea recubiertas con $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$.

El documento RU2367638C2 (Leonidovich et al., 2009) divulga un método para producir un fertilizante que comprende la etapa de mezclar perlas de nitrato de amonio con sulfato de amonio, magnesita cáustica (es decir, óxido de magnesio) y/o fosfato de amonio.

El documento EP0552512A1 (Enichem Agricoltura, 1993) divulga un método para preparar un fertilizante que comprende la etapa de mezclar nitrato de amonio con sulfato de amonio, fosfato de amonio y sulfato de magnesio. El producto final comprende varias sales de magnesio, incluido $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$.

El documento GB315483 (Johnson, 1929) divulga un método para producir partículas fertilizantes, que comprende la etapa de mezclar nitrato de calcio con nitrato de potasio. También se sugiere añadir sales de fosfato, en particular sales de fosfato de amonio y magnesio.

Además, existe un creciente interés en usar materiales renovables en los procesos industriales para reducir la huella ecológica del proceso. La mayoría de las sales inorgánicas, tales como nitrato de magnesio y sulfato de aluminio, se preparan o se obtienen directamente a partir de fuentes no renovables, tales como operaciones mineras.

A pesar de los avances logrados en este campo, siempre existe la necesidad de desarrollar composiciones fertilizantes novedosas y sostenibles que funcionen mejor que el estado actual de la técnica.

Resumen de la invención

Se descubrió que era posible preparar una composición particulada sólida que comprendía nitrato de amonio con una mayor dureza o resistencia de partículas añadiendo estruvita a la composición particulada sólida que comprendía nitrato de amonio.

En su aspecto más amplio, la presente divulgación proporciona una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un método para la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita.

En otro aspecto, la presente divulgación también proporciona el uso de estruvita como aditivo en la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona el uso de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita como fertilizante.

Descripción detallada de la invención

A menos que se defina lo contrario, todos los términos usados en la divulgación de la invención, incluidos los términos técnicos y científicos, tienen el significado comúnmente entendido por un experto en la materia a la que pertenece esta invención. A modo de orientación adicional, se incluyen definiciones de términos para apreciar mejor la enseñanza de la presente invención.

Todas las referencias citadas en esta descripción se consideran, por la presente, incorporadas en su totalidad a modo de referencia.

Como se usan en el presente documento, los siguientes términos tienen los siguientes significados:

"Un", "una" y "el/la" como se usan en el presente documento se refieren tanto a referentes singulares como plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. A modo de ejemplo, "un compartimento" se refiere a uno o más de un compartimento.

"Aproximadamente", como se usa en el presente documento en referencia a un valor medible tal como un parámetro, una cantidad, una duración temporal y similares, pretende abarcar variaciones de +/-20 % o menos, en particular +/-10 % o menos, más en particular +/-5 % o menos, incluso más en particular +/-1 % o menos, y aún más en particular +/-0,1 % o menos de y a partir del valor especificado, en la medida en que dichas variaciones sean apropiadas para realizarlas en la invención divulgada. Sin embargo, debe entenderse que el propio valor al que se refiere el modificador "aproximadamente" también está específicamente divulgado.

"Comprender", "que comprende", "comprende" y "compuesto por" como se usan en el presente documento son sinónimos de "incluir", "que incluye", "incluye" o "contener", "que contiene", "contiene" y son términos inclusivos o abiertos que especifican la presencia de lo que sigue, por ejemplo, componente, y no excluyen ni impiden la presencia de componentes, características, elementos, miembros o etapas adicionales no mencionados, conocidos en la técnica o divulgados en ella.

La recitación de intervalos numéricos mediante valores extremos incluye todos los números y fracciones incluidos dentro de ese intervalo, así como los valores extremos recitados.

La expresión "porcentaje en peso", "% ep" o "% en peso", en el presente caso y en toda la descripción, a menos que se defina lo contrario, se refiere al peso relativo del componente respectivo basándose en el peso total de la formulación.

En su aspecto más amplio, la presente divulgación proporciona una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita.

La estruvita es un mineral de fosfato que contiene amonio y magnesio como cationes. Su fórmula química es $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$. El fósforo es un elemento importante en la nutrición de los seres humanos y los animales, ya que es un átomo crucial para la construcción de diversas moléculas, tales como el ADN. En la actualidad, el fósforo que se usa en la agricultura se extrae de la corteza terrestre. Sin embargo, hay cantidades finitas de fósforo que pueden obtenerse de esta manera y algunos trabajos estiman que los proveedores agotarán el fósforo dentro de 100 años. Existe, pues, un creciente interés en encontrar nuevas fuentes de fósforo. Se han desarrollado nuevos procesos para recuperar fósforo a partir de corrientes de desechos, especialmente aguas residuales de sistemas de alcantarillado. Algunos de estos procesos producen estruvita como producto final que contiene fósforo. Podría considerarse la posibilidad de aplicar directamente estruvita en los campos agrícolas como fuente de fósforo. Sin embargo, se ha descubierto sorprendentemente que la estruvita se puede usar en los procesos de fabricación de fertilizantes particulados sólidos a base de nitrato de amonio, obteniendo como resultado rendimientos mejorados inesperadamente.

Durante décadas se han vendido composiciones particuladas sólidas que comprenden nitrato de amonio para su uso como fertilizante. Es bien conocido que las composiciones particuladas sólidas a base de nitrato de amonio tienen algunos problemas, tales como la baja dureza de las partículas. Esto significa que las partículas no toleran muy bien las operaciones de manipulación. Las partículas se romperán y triturarán, generando partículas más pequeñas y polvo, y en el peor de los casos, se pulverizarán. Esto afecta a la aplicación final en los campos agrícolas, ya sea que se realice por medios mecánicos tales como un esparcidor o incluso aplicaciones manuales. Por tanto, el impacto se produce tanto en la cantidad de aplicación esperada como en el tipo de modo de aplicación que realmente es factible con el material en cuestión. Se han investigado, examinado y desarrollado aditivos para mejorar las propiedades de las composiciones particuladas sólidas a base de nitrato de amonio. Por ejemplo, el documento GB1515898 (Australian Fertilizers Ltd, 1978) divulga la adición de sulfato de aluminio a una masa fundida de nitrato de amonio para producir un material fluido. El documento GB2045735B (Compagnie Neerlandaise de L'azote, 1983) divulga la adición de nitrato de magnesio a una masa fundida de nitrato de amonio para disminuir la porosidad de partículas sólidas de nitrato de amonio.

Ahora se descubrió que era posible preparar una composición particulada sólida que comprendía nitrato de amonio y estruvita que tenía una dureza de partículas mayor que sin estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 80 % en peso, tal como del 35 al 80 % en peso, en particular del 40 al 80 % en peso, más en particular del 45 al 80 % en peso, incluso más en particular del 50 al 80 % en peso, incluso más en particular del 55 al 80 % en peso, incluso más en particular del 60 al 80 % en peso, de nitrato de amonio. Por ejemplo, la composición particulada sólida comprende nitrato de amonio en una cantidad del 30-80 % en peso, tal como 30-75, 30-70, 30-60, 30-55, 30-50, 40-75, 40-70, 40-60, 40-55, 45-85, 45-80, 50-80, 55-80 o 60-80 % en peso.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 0,1 al 10 % en peso de estruvita, en particular del 0,5 al 10 % en peso, más en particular del 1,0 al 10 % en peso de estruvita. Por ejemplo, la composición particulada sólida puede comprender del 0,1 al 5,0, del 0,2 al 4,0, del 0,3 al 3,0, del 0,5 al 3,0, del 0,5 al 2,0, del 2,0 al 10, del 3,0 al 10, del 4,0 al 10 o del 5,0 al 10 % en peso de estruvita. Se descubrió que la dureza de las partículas mejora incluso con cantidades muy bajas de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 40 al 90 % en peso de nitrato de amonio y del 0,1 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 50 al 90 % en peso de nitrato de amonio y del 0,1 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 50 al 80 % en peso de nitrato de amonio y del 0,1 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 60 al 80 % en peso de nitrato de amonio y del 0,1 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 40 al 90 % en peso de nitrato de amonio y del 1,0 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 50 al 90 % en peso de nitrato de amonio y del 1,0 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 50 al 80 % en peso de nitrato de amonio y del 1,0 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 60 al 80 % en peso de nitrato de amonio y del 1,0 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende un aditivo, por ejemplo, un relleno inorgánico, en particular un relleno inorgánico que contiene calcio. El aditivo puede ser, como alternativa, sulfato de amonio. En una realización, la composición particulada sólida comprende sulfato de amonio y/o un relleno inorgánico, en particular en donde el relleno inorgánico es un relleno inorgánico que contiene calcio. Para aplicaciones como fertilizante, se prefiere añadir un componente no explosivo a composiciones a base de nitrato de amonio para hacer que la composición sea inexplosiva. Por ejemplo, se añade un relleno, a menudo un relleno inorgánico, a las composiciones a base de nitrato de amonio para eliminar ese riesgo. El relleno inorgánico también puede tener propósitos adicionales: puede contener elementos que necesita la planta, transformando así el nitrato de amonio que contiene un solo nutriente en un fertilizante multinutriente; y también puede mejorar las propiedades físicas del material a base de nitrato de amonio, tales como la porosidad y la resistencia de las partículas. Como se analizó anteriormente, el nitrato de amonio particulado sólido conocido tiene una resistencia de partículas bastante baja, lo que significa que las partículas son sensibles a los impactos y pueden no tolerar operaciones de manipulación repetidas.

En una realización, el relleno inorgánico que contiene calcio se selecciona del grupo de dolomita, yeso, cal, piedra caliza y/o mezclas de los mismos. Los rellenos que contienen calcio, tales como dolomita, yeso y piedra caliza, se usan ampliamente como rellenos en composiciones fertilizantes a base de nitrato de amonio. Estos materiales son baratos y están disponibles en gran escala. No reaccionan mucho con el nitrato de amonio y reducen significativamente el riesgo de explosión de las composiciones a base de nitrato de amonio. Las arcillas de caolín, un material de silicato-alúmina con la fórmula general $Al_xSi_yO_m(OH)_n$, donde x, y, m y n son números, en particular donde x, y y m están comprendidos entre 1 y 20, más en particular entre 1 y 10, también se pueden usar como rellenos en composiciones particuladas sólidas a base de nitrato de amonio. Ejemplos de materiales de silicato-alúmina adecuados con la fórmula general $Al_xSi_yO_m(OH)_n$ son caolinita $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, halloysita $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, palygorskita $(Mg,Al)_2Si_4O_{10}(OH)\cdot 4(H_2O)$, etc.

En una realización, la composición particulada sólida comprende el 9-30 % en peso, tal como del 10 al 30 % en peso, en particular del 12 al 25 % en peso, en particular del 14 al 25 % en peso, más en particular del 15 al 25 % en peso, incluso más en particular del 16 al 25 % en peso del relleno inorgánico. Se descubrió que una cantidad entre

el 9 y el 30 % en peso de relleno inorgánico era satisfactoria para reducir el riesgo de explosión de la composición sin disminuir su valor agronómico.

En una realización, la composición particulada sólida comprende el 21 % en peso de dolomita. En una realización, la composición particulada sólida comprende el 24,5 % en peso de yeso y el 3 % en peso de dolomita. En una realización, la composición particulada sólida comprende el 15 % en peso de yeso y el 5 % en peso de dolomita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende sulfato de amonio. Es conocido añadir sulfato de amonio a una masa fundida de nitrato de amonio para obtener partículas sólidas de nitrato de sulfato de amonio. Dado que el sulfato de amonio es un material inorgánico, reduce el riesgo de explosión de la composición a base de nitrato de amonio y reduce la necesidad de un relleno inorgánico para disminuir el riesgo de explosión. El sulfato de amonio tiene la ventaja en comparación con rellenos inorgánicos que no comprenden componentes nutritivos, de que sus componentes, iones de amonio y sulfato, son nutrientes requeridos por los cultivos. Por lo tanto su presencia no disminuye el valor agronómico del producto como pueden hacerlo los rellenos que no contienen nutrientes. Estas partículas tienen la ventaja de proporcionar dos nutrientes diferentes, nitrógeno y azufre, a los cultivos. Cuando la composición particulada sólida comprende nitrato de amonio y sulfato de amonio, el relleno inorgánico puede estar presente en un nivel entre el 1 y el 10 % en peso. Cuando la composición particulada sólida comprende nitrato de amonio y sulfato de amonio, la cantidad de sulfato de amonio puede ser el 30-60 % en peso. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 50 % en peso de nitrato de amonio y del 30 al 60 % en peso de sulfato de amonio. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 35 al 45 % en peso de nitrato de amonio y del 35 al 55 % en peso de sulfato de amonio. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 35 al 45 % en peso de nitrato de amonio y del 40 al 55 % en peso de sulfato de amonio. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 50 % en peso de nitrato de amonio, del 30 al 60 % en peso de sulfato de amonio y del 1 al 10 % en peso de un relleno inorgánico, en particular yeso. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 50 % en peso de nitrato de amonio, del 30 al 60 % en peso de sulfato de amonio y del 1 al 8 % en peso de un relleno inorgánico, en particular yeso. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 50 % en peso de nitrato de amonio, del 30 al 60 % en peso de sulfato de amonio y del 1 al 6 % en peso de un relleno inorgánico, en particular yeso. En una realización, la composición particulada sólida comprende del 35 al 45 % en peso de nitrato de amonio, del 45 al 55 % en peso de sulfato de amonio y del 1 al 3 % en peso de yeso.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 50 % en peso de nitrato de amonio, del 30 al 60 % en peso de sulfato de amonio y del 0,1 al 10 % en peso de estruvita.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 30 al 50 % en peso de nitrato de amonio, del 30 al 60 % en peso de sulfato de amonio, del 0,1 al 10 % en peso de estruvita y del 1 al 10 % en peso de un relleno inorgánico, en particular yeso.

En una realización, la composición particulada sólida comprende uno de nitrato de magnesio, sulfato de aluminio y/o mezclas de los mismos. Puede ser una ventaja añadir un segundo aditivo, tal como nitrato de magnesio y sulfato de aluminio, además de estruvita para mejorar aún más el proceso de producción y/o las propiedades físicas, tales como dureza y apelmazamiento, de la composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita. Es conocido que estos compuestos se usan en la fabricación de composiciones a base de nitrato de amonio y pueden mejorar propiedades diferentes a las de la estruvita y pueden ser necesarios dependiendo los requisitos de un producto específico. Por ejemplo, el nitrato de magnesio se usa como aditivo de granulación para facilitar el proceso de granulación en un granulador, por ejemplo un granulador de lecho fluidizado. El sulfato de aluminio se puede usar para disminuir la viscosidad de la masa fundida y, por lo tanto, mejorar el proceso de fabricación.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 0,1 al 5,0 % en peso, en particular del 0,1 al 4,0 % en peso, más en particular del 0,1 al 3,0 % en peso, incluso más en particular del 0,1 al 2,0 % en peso de uno de nitrato de magnesio, sulfato de aluminio y/o mezclas de los mismos. Se descubrió que una cantidad entre el 0,1 y el 5,0 % en peso de aditivos, tales como nitrato de magnesio y sulfato de aluminio, era satisfactoria para lograr el efecto deseado, como se explicó anteriormente. El magnesio y el nitrato son nutrientes para cultivos, por lo que para aplicaciones agrícolas su presencia no es un obstáculo, sino más bien un beneficio. Sin embargo, el aluminio puede ser tóxico para algunos cultivos, por lo que puede ser deseable limitar su cantidad.

En una realización, la composición particulada sólida comprende estruvita y nitrato de magnesio en una proporción en peso entre 3:1 y 1:10, en particular entre 3:1 y 1:5, más en particular entre 3:1 y 1:2, incluso más en particular entre 3:1 y 1:1. Se observó que cuando la composición comprendía estruvita y nitrato de magnesio, una cantidad de nitrato de magnesio reaccionaba con la estruvita. Esto aumentó el hinchamiento de la composición particulada sólida cuando se expuso a la humedad y disminuyó su resistencia a la compresión. Tener una proporción de estruvita respecto a nitrato de magnesio por debajo de 3:1, en particular entre 3:1 y 1:10, aseguró que la composición particulada sólida todavía contuviera algo de nitrato de magnesio sin reaccionar, lo que aumentó la resistencia a la compresión de la partícula, especialmente después de exponer la composición particulada sólida a la humedad.

En una realización, la composición particulada sólida comprende estruvita, un relleno inorgánico y, opcionalmente, uno o más de nitrato de magnesio o sulfato de aluminio, en donde el peso combinado de estruvita, el relleno

inorgánico y, opcionalmente, el uno o más de nitrato de magnesio o sulfato de aluminio, representa del 10 al 40 % en peso, en particular del 10 al 35 % en peso, más en particular del 15 al 35 % en peso, incluso más en particular del 15 al 25 % en peso del peso total de la composición particulada sólida.

En una realización, la composición particulada sólida comprende una capa de recubrimiento, en particular una capa de recubrimiento orgánica, tal como una capa de recubrimiento que comprende una cera, en particular una cera de petróleo o una cera de parafina, y un éster de fosfato de alquilo, y una amina. Es bien conocido aplicar un agente acondicionador, por ejemplo, en forma de una capa de recubrimiento, a composiciones particuladas sólidas, para mejorar aún más sus propiedades. La higroscopicidad, la pulverulencia y el apelmazamiento son características que pueden mejorarse mediante la adición de dichos agentes. Las composiciones a base de nitrato de amonio son bastante higroscópicas, por lo que puede ser una ventaja aplicar una capa de recubrimiento que pueda ralentizar la velocidad de absorción de agua por parte de la composición. En particular, se descubrió que una capa de recubrimiento que comprende una cera, en particular una cera de petróleo o una cera de parafina, un éster de fosfato de alquilo y una amina, reduce la higroscopicidad, la pulverulencia y el apelmazamiento de la composición particulada sólida.

En una realización, la mediana del tamaño de partícula, o dp50, de la composición particulada sólida está entre 1,0 y 5,0 mm, en particular entre 2,5 y 4,0 mm, medida mediante etapas de tamizado. Para aplicaciones como fertilizante, es una ventaja tener partículas con un tamaño de partícula promedio entre 1,0 y 5,0 mm. Estas partículas pueden manipularse fácilmente y esparcirse en los campos mediante medios mecánicos. El tamaño promedio de partícula se puede medir mediante varios medios, por ejemplo, con una serie de tamices con tamaños de orificios decrecientes.

En una realización, la composición particulada sólida es una composición homogénea. Para composiciones fertilizantes, puede ser una ventaja producir una composición particulada sólida homogénea. La expresión "una partícula homogénea sólida", como se usa en el presente documento, significa que la partícula sólida es uniforme con respecto a su composición en toda su extensión. Una partícula homogénea puede todavía comprender fracciones sólidas de sus diferentes componentes siempre que las fracciones sólidas sean considerablemente más pequeñas que las partículas sólidas homogéneas. Por el contrario, una partícula heterogénea varía en su composición a lo largo de toda la partícula. En particular, las partículas homogéneas son más fáciles de producir porque requieren una sola etapa de solidificación.

En una realización, la composición particulada sólida homogénea comprende partículas distribuidas uniformemente, en donde el tamaño promedio de las partículas distribuidas uniformemente es el 10 % o menos, el 9 % o menos, el 8 % o menos, el 7 % o menos, el 6 % o menos, o el 5 % o menos del tamaño promedio de las partículas de la composición particulada sólida homogénea.

En una realización, la composición particulada sólida homogénea comprende fracciones sólidas de estruvita y opcionalmente del relleno inorgánico que contiene calcio seleccionado del grupo que consiste en dolomita, yeso, cal, piedra caliza y/o mezclas de los mismos.

En una realización, la composición particulada sólida homogénea comprende partículas de estruvita distribuidas uniformemente, en donde el tamaño promedio de las partículas de estruvita distribuidas uniformemente es el 10 % o menos del tamaño promedio de las partículas de la composición particulada sólida homogénea. En una realización, la composición particulada sólida homogénea tiene un tamaño de partícula promedio de 4,1 a 4,4 mm, medido mediante análisis dinámico de imágenes, y la composición comprende partículas de estruvita con un tamaño de partícula promedio de 400 μm o menos, también medido mediante análisis dinámico de imágenes. En una realización, la composición particulada sólida es una composición homogénea recubierta con una capa de recubrimiento, preferentemente un recubrimiento orgánico. La composición homogénea se refiere al núcleo de la composición particulada sólida.

En una realización, la composición particulada sólida comprende además un núcleo que comprende o que consiste en nitrato de amonio, es decir, cada partícula de la composición sólida tiene un núcleo de o que comprende nitrato de amonio. Las cantidades de los diferentes componentes incluidos en la composición particulada sólida pueden seguir siendo las mismas pero entonces, debido al núcleo de nitrato de amonio, hay menos nitrato de amonio presente en la capa que rodea el núcleo que comprende los otros componentes de la composición particulada sólida. Puede ser una ventaja incorporar estruvita solamente en una sección de la composición particulada sólida, por ejemplo, como parte de una capa que rodea un núcleo de nitrato de amonio. Esto puede tener beneficios tales como aumentar el contenido de nitrato de amonio de la composición particulada sólida y/o reducir la cantidad de estruvita utilizada en la composición mientras se preserva la dureza mejorada de la partícula de la composición.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 60 al 80 % en peso de nitrato de amonio, del 10 al 25 % en peso de dolomita, del 1,0 al 5,0 % en peso de estruvita y del 0 al 5,0 % en peso de nitrato de magnesio.

En una realización, la composición particulada sólida comprende del 60 al 80 % en peso de nitrato de amonio, del 10 al 25 % en peso de dolomita, del 1,0 al 5,0 % en peso de estruvita y del 0 al 5,0 % en peso de sulfato de aluminio.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un método para la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita. El método comprende las etapas de: a) proporcionar una masa fundida que comprende nitrato de amonio; b) añadir una cantidad de estruvita a la masa fundida proporcionada en la etapa a); c) mezclar la masa fundida que comprende nitrato de amonio y estruvita; y d) procesar la masa fundida obtenida en la etapa c) para formar una composición particulada sólida.

La masa fundida de nitrato de amonio se puede preparar haciendo reaccionar una corriente de amoníaco con una corriente de ácido nítrico. Un mol de amoniaco que reacciona con un mol de ácido nítrico produce un mol de nitrato de amonio. La masa fundida de nitrato de amonio también se puede preparar fundiendo partículas sólidas de nitrato de amonio o evaporando una solución acuosa de nitrato de amonio. El punto de fusión del nitrato de amonio puro es de 169,6 °C. Sin embargo, dado que la masa fundida a menudo comprende otros elementos, tales como agua o impurezas, puede ser posible obtener una masa fundida a una temperatura más baja. En una realización, la temperatura de la masa fundida está comprendida entre 160 y 170 °C. En una realización, la temperatura de la masa fundida está comprendida entre 162 y 168 °C.

Una vez preparada una masa fundida de nitrato de amonio, se puede añadir estruvita a la masa fundida. La estruvita se puede añadir en forma sólida, en particular en forma particulada sólida. Para facilitar su distribución dentro de la masa fundida y garantizar que las partículas sólidas finales no contengan grandes trozos de estruvita, la estruvita se puede añadir como un polvo a la masa fundida. La estruvita puede comprarse ya molida hasta un polvo, pero puede considerarse dirigir la estruvita primero a una trituradora para obtener el tamaño de partícula deseado y a continuación añadir estas pequeñas partículas a la masa fundida de nitrato de amonio. Como alternativa, se puede añadir estruvita a la masa fundida de nitrato de amonio como una solución o suspensión en un líquido, en particular agua. La estruvita es poco soluble en agua, por lo que si el medio líquido o el disolvente es esencialmente agua a pH neutro, la estruvita se añadirá como una suspensión a la masa fundida de nitrato de amonio. Puede ser posible disolver la estruvita en un medio líquido, tal como un disolvente orgánico, antes de la adición a la masa fundida de nitrato de amonio. También es posible disolver la estruvita en una solución acuosa con un pH por debajo de 7, antes de la adición a la masa fundida de nitrato de amonio.

La masa fundida que comprende nitrato de amonio y estruvita se mezcla durante un período de tiempo para distribuir la estruvita dentro de la masa fundida. Puede ser posible observar visualmente la masa fundida y decidir cuándo se ha alcanzado una mezcla suficiente. También puede ser posible tomar una pequeña muestra de la masa fundida, enfriarla y analizarla con diversos métodos conocidos en la técnica para estimar si la masa fundida está suficientemente mezclada o no.

Una vez que se ha obtenido una masa fundida con una homogeneidad satisfactoria, se puede procesar para obtener partículas sólidas o, como alternativa, se puede aplicar como una capa a un núcleo que comprende nitrato de amonio, por ejemplo, como una capa de cobertura o envolvente. Esta fase también puede denominarse fase de particulación o granulación. Se conocen varios procesos para transformar una masa fundida que comprende nitrato de amonio en partículas sólidas, tales como la granulación en lecho fluidizado, la granulación en bandeja, la granulación en tambor, la torre de perlado (*prilling*), el esferodizador, el triturador de muelas y más. La elección de la técnica de granulación puede realizarse basándose en las características técnicas deseadas para la composición particulada sólida final. Todas las técnicas de transformación, como la granulación y la formación de perlas, producen composiciones sólidas con características físicas variables, tales como resistencia de las partículas, pulverulencia, tamaño promedio y distribución de tamaño. También requieren una inversión diferente y tienen costes operativos variables.

En una realización, la etapa de procesamiento d) comprende la etapa de procesar la masa fundida en presencia de partículas sólidas que comprenden nitrato de amonio. Por ejemplo, la masa fundida se puede rociar en un aparato de recubrimiento, tal como un tambor de recubrimiento que contiene partículas sólidas que comprenden nitrato de amonio. Como alternativa, la masa fundida que comprende nitrato de amonio y estruvita se puede dirigir a un granulador de lecho fluidizado usando partículas sólidas que comprenden nitrato de amonio como semillas. El producto resultante es una composición particulada sólida que comprende un núcleo que comprende nitrato de amonio y una capa que cubre el núcleo que comprende nitrato de amonio y estruvita.

En una realización, la cantidad de estruvita añadida a la masa fundida es tal que las partículas sólidas finales producidas a partir de la masa fundida comprenden del 0,1 al 10 % en peso de estruvita, en particular del 0,5 al 10 % en peso, más en particular del 1,0 al 10 % en peso de estruvita. Se descubrió que la dureza de las partículas mejora incluso con cantidades muy bajas de estruvita.

En una realización, la estruvita se añade a la masa fundida como un polvo, en particular como un polvo con un tamaño de partícula promedio de 500 μm o menos, o 400 μm o menos. En una realización, el tamaño promedio de las partículas de estruvita se mide mediante análisis dinámico de imágenes.

En una realización, el método comprende la etapa de: añadir un relleno, en particular un relleno inorgánico y/o sulfato de amonio a la masa fundida que comprende nitrato de amonio, antes, después o simultáneamente a la adición de estruvita.

Cuando se pretende usar una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio como fertilizante, es altamente preferente diluir el contenido de nitrato de amonio con uno o más compuestos no explosivos, por ejemplo un relleno, en particular un relleno inorgánico, para eliminar el riesgo de explosión. El contenido de nitrato de amonio se puede reducir hasta entre el 60 y el 80 % en peso y seguir siendo una composición fertilizante atractiva. En el campo de la fabricación de fertilizantes son bien conocidos los rellenos adecuados para añadir a las masas fundidas de nitrato de amonio. Estos rellenos no poseen propiedades explosivas, son relativamente poco reactivos frente al nitrato de amonio y a las masas fundidas a base de nitrato de amonio y son compatibles con el proceso de producción.

En una realización, el relleno inorgánico son rellenos que contienen calcio seleccionados del grupo de piedra caliza, dolomita, yeso, cal y/o mezclas de los mismos. Dos de los rellenos más comunes usados en la fabricación de fertilizantes a base de nitrato de amonio son la dolomita y el yeso. Estos dos rellenos sólidos están ampliamente disponibles y son relativamente baratos, y ambos contienen nutrientes secundarios importantes para la nutrición de los cultivos, tales como calcio y magnesio para la dolomita, y calcio y azufre para el yeso. Su presencia aumenta el valor agronómico de la composición en comparación con el nitrato de amonio solo. Una pequeña cantidad, en particular menos del 20 % del relleno, más en particular menos del 10 % del relleno, incluso más en particular menos del 5 % del relleno, puede reaccionar con la masa fundida de nitrato de amonio y producir nuevos compuestos. Por ejemplo, la dolomita puede reaccionar con la masa fundida de nitrato de amonio y producir algo de nitrato de calcio. Puede ser deseable que estos rellenos sean sólidos a temperatura ambiente para garantizar que la masa fundida que comprende nitrato de amonio y el relleno se pueda granular. También puede ser deseable que el relleno contenga elementos que los cultivos requieren para aumentar el valor agronómico del producto fertilizante. Podría ser preferible que el relleno no contenga elementos o productos químicos que sean tóxicos para las plantas.

En una realización, el relleno inorgánico y/o sulfato de amonio se añade a la masa fundida que comprende nitrato de amonio antes de la adición de estruvita. En una realización, el relleno inorgánico y/o sulfato de amonio se añade a la masa fundida que comprende nitrato de amonio después de la adición de estruvita. En una realización, el relleno inorgánico y/o el sulfato de amonio y la estruvita se añaden simultáneamente a la masa fundida que comprende nitrato de amonio. Por ejemplo, el relleno inorgánico y/o el sulfato de amonio y la estruvita se pueden premezclar antes de la adición a la masa fundida que comprende nitrato de amonio.

En una realización, la cantidad de relleno añadido a la masa fundida es tal que las partículas sólidas finales producidas a partir de la masa fundida comprenden del 9 al 30 % en peso, tal como del 10 al 30 % en peso del relleno inorgánico, en particular del 15 al 25 % en peso del relleno inorgánico. Se descubrió que una cantidad entre el 10 y el 30 % en peso del relleno inorgánico era satisfactoria para reducir el riesgo de explosión de la composición sin disminuir su valor agronómico.

Una vez que se obtenido la composición particulada sólida a base de nitrato de amonio, se analizan algunas partículas en una prueba de detonación para garantizar que estas partículas no sean explosivas y sean seguras para el transporte y la manipulación. Se han desarrollado varios procedimientos para poner a prueba si las composiciones a base de nitrato de amonio son explosivas. Un ejemplo de este tipo de prueba puede ser: las partículas se someten a cinco ciclos térmicos en los que se calientan hasta 50 °C y a continuación se enfrían a 25 °C. A continuación, las partículas se mezclan con 2,4,6-trinitrotolueno () y se realiza una prueba de detonación de la mezcla sobre una placa de acero. Los resultados de la prueba se pueden clasificar en cuatro niveles diferentes dependiendo del daño en la placa, desde 1 para riesgo muy alto, hasta 4 para "la composición no puede detonar". El producto obtenido mediante el método descrito en el presente documento alcanza consistentemente un 4 en la prueba de detonación.

En una realización, se añade uno o más de nitrato de magnesio y sulfato de aluminio a la masa fundida que comprende nitrato de amonio, antes, después o simultáneamente a la estruvita, y opcionalmente antes, después o simultáneamente a un relleno inorgánico y/o sulfato de amonio. Puede ser una ventaja añadir un aditivo, tal como nitrato de magnesio y sulfato de aluminio, además de estruvita para mejorar aún más el proceso de fabricación y/o las propiedades de la composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita. Estos compuestos pueden mejorar propiedades diferentes a las de la estruvita y pueden ser necesarios dependiendo de los requisitos de un producto específico. Estos compuestos también pueden mejorar el método de fabricación, por ejemplo, reduciendo la viscosidad de la masa fundida, lo que facilita su procesamiento.

En una realización, la cantidad de nitrato de magnesio y/o sulfato de aluminio añadida a la masa fundida es tal que las partículas sólidas finales producidas a partir de la masa fundida comprenden del 0,1 al 5,0 % en peso, en particular del 0,1 al 3,0 % en peso de nitrato de magnesio y/o sulfato de aluminio. Se descubrió que una cantidad entre el 0,1 y el 5,0 % en peso de aditivos, tales como nitrato de magnesio y sulfato de aluminio, era satisfactoria para lograr el efecto deseado. El magnesio y el nitrato son nutrientes para cultivos, por lo que para aplicaciones agrícolas su presencia no es un obstáculo, sino más bien un beneficio. Sin embargo, el aluminio puede ser tóxico para algunos cultivos, por lo que puede ser conveniente limitar su cantidad.

En una realización, el uno o más de nitrato de magnesio y sulfato de aluminio se añade a la masa fundida que comprende nitrato de amonio antes de la adición de estruvita. En una realización, el uno o más de nitrato de magnesio y sulfato de aluminio se añade a la masa fundida que comprende nitrato de amonio después de la adición

de estruvita. En una realización, el uno o más de nitrato de magnesio y sulfato de aluminio y estruvita se añaden simultáneamente a la masa fundida que comprende nitrato de amonio. En una realización, el nitrato de magnesio y la estruvita se añaden simultáneamente a la masa fundida de nitrato de amonio, y el sulfato de amonio y/o el relleno inorgánico, en particular dolomita, se añaden posteriormente.

En una realización, la masa fundida que comprende amonio y estruvita se puede calentar para reducir su contenido de agua antes de procesarla para obtener partículas sólidas. La masa fundida puede comprender una cierta cantidad de agua durante las etapas de fabricación que es necesaria para obtener una masa fundida que pueda moverse y bombearse en el sistema. Sin embargo, la fase final requiere una masa fundida con una cantidad específica, a menudo baja, de agua. Por ejemplo, un granulador de lecho fluidizado requiere una masa fundida con un contenido de agua por debajo del 5,0 % en peso, en particular entre el 2,0 y el 4,5 % en peso, más en particular entre el 2,5 y el 4,0 % en peso. Por lo tanto, puede ser necesario calentar la masa fundida en un recipiente hasta que el contenido de agua alcance el nivel deseado. Los medios para lograr dicho contenido de agua son bien conocidos en la técnica.

En una realización, se añade una fuente adicional de nutrientes a la masa fundida que comprende nitrato de amonio. Para una composición fertilizante, puede ser una ventaja que comprenda más nutrientes que el nitrógeno comprendido en el nitrato de amonio. La composición fertilizante que comprende al menos dos nutrientes aumenta el valor de la composición y ahorra tiempo, dinero y agua al agricultor. El nutriente puede seleccionarse del grupo de nutrientes para cultivos conocidos: fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, zinc, cobre, manganeso, molibdeno, hierro, cloruro, níquel y boro. En una realización, la masa fundida de nitrato de amonio comprende uno o más seleccionados del grupo de colemanita, ulexita, borato de zinc, ácido bórico, óxido de manganeso, óxido de zinc y/o mezclas de los mismos.

En una realización, el método de acuerdo con la presente divulgación comprende además: aplicar una capa de recubrimiento de un agente acondicionador a las partículas obtenidas en la etapa d). Las partículas fertilizantes deben soportar largos tiempos de transporte y almacenamiento antes de ser usadas en los campos. También pueden estar expuestos a entornos con alta humedad. Es importante que las partículas conserven sus propiedades físicas hasta la aplicación en campo, de lo contrario la aplicación en campo, por ejemplo con un esparcidor, no será uniforme o regular. Un método común en el campo de las partículas fertilizantes es añadir una capa de recubrimiento de un agente acondicionador a las partículas para mejorar sus propiedades y mantenerlas durante un largo período de tiempo. El agente acondicionador puede tener varios efectos, tales como antiapelmazamiento, repelente de humedad y/o reducción de la formación de polvo.

En una realización, el agente acondicionador comprende un material no polar, tal como un material orgánico, en particular un material orgánico líquido, por ejemplo un aceite, cera, resina o similar, o cualquier mezcla de los mismos. El agente acondicionador preferentemente también incluye un éster de fosfato de alquilo y una amina. En una realización, el agente acondicionador comprende un material no polar, en particular un material orgánico líquido, tal como un aceite, cera, resina o similar y cualquier mezcla de los mismos, un éster de fosfato de alquilo y una amina. En una realización, el agente acondicionador comprende una cera, en particular una cera de parafina o una cera de hidrocarburo, un éster de fosfato de alquilo y una amina. En una realización, el agente acondicionador comprende una cera, en particular una cera de parafina o una cera de hidrocarburo, un éster de fosfato de alquilo y una mezcla de aminas, en particular una mezcla de aminas primarias, tales como octadecilamina y hexadecilamina. Se descubrió que dicho agente acondicionador tiene un impacto positivo sobre la absorción de agua, es decir, sobre la higroscopicidad.

En otro aspecto, la presente divulgación también proporciona el uso de estruvita como aditivo en la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio. Se descubrió que se puede añadir estruvita a una masa fundida que comprende nitrato de amonio para mejorar las propiedades físicas, por ejemplo la dureza de las partículas, de la composición particulada sólida elaborada a partir de esta masa fundida.

En otro aspecto, la presente divulgación también proporciona el uso de estruvita como aditivo en la fabricación de una composición particulada sólida homogénea que comprende nitrato de amonio.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona el uso de una composición particulada sólida, que comprende nitrato de amonio y estruvita, como fertilizante. El nitrato de amonio es un fertilizante conocido. La estruvita no es tóxica para los cultivos. La adición de estruvita también puede ser beneficiosa para el cultivo, ya que contiene magnesio y fósforo que los cultivos necesitan para una salud y un crecimiento óptimos.

Prueba de resistencia a la compresión:

La resistencia (=resistencia a la compresión, dureza) de los gránulos/perlas fertilizantes es una propiedad importante que se usa en el control de calidad de la producción de fertilizantes. La resistencia a la compresión es uno de los principales parámetros para la evaluación de las propiedades físicas de los fertilizantes. Los gránulos/perlas individuales se someten a una fuerza medida aplicada por medio de un émbolo o varilla de metal. La fuerza (kg de fuerza) con la que se fractura el gránulo/perla se toma como una medición de la resistencia de la partícula. Se coloca una sola partícula o perla en una balanza de cocina y se presiona la varilla lentamente hacia abajo sobre la

partícula hasta que la partícula se fractura. La resistencia a la compresión es el peso que se lee en la báscula cuando la partícula se fractura. Para un lote de producto, se mide la resistencia a la compresión de 25 partículas del mismo lote y el valor promedio representa la resistencia a la compresión del producto.

Ejemplo 1

Se preparó una masa fundida de nitrato de amonio haciendo reaccionar amoníaco y ácido nítrico y se dirigió a un tanque de mezcla. A 113,9 kg de masa fundida se le añadieron secuencialmente 2,1 kg de estruvita y 3,2 kg de nitrato de magnesio. Posteriormente, se agitó la masa fundida durante 12 minutos y se añadieron 29,5 kg de dolomita durante 15 minutos. La masa fundida se agitó durante aproximadamente 22 minutos y se dirigió a un granulador de lecho fluidizado. El diámetro promedio de las partículas se midió en un dispositivo de tamizado. Se descubrió que las partículas tenían un diámetro promedio, Dp50, de 3,53 mm y que el 31 % de las partículas tenían un diámetro igual o menor a 3,55 mm, incluyendo un 20 % que tenía un diámetro igual o menor a 3,15 mm. Se midió que la dureza de las partículas que tenían un diámetro igual o inferior a 3,15 mm era de 4,6 kg.

Se prepararon partículas sin estruvita, que comprendían el 76 % en peso de nitrato de amonio, el 2,0 % en peso de nitrato de magnesio y el 20 % en peso de dolomita, para estudios comparativos. Se midió que la dureza de los gránulos con un diámetro igual o por debajo de 3,15 mm era de 4,0 kg.

El presente experimento muestra un impacto significativo de la presencia de estruvita sobre la dureza de partículas a base de nitrato de amonio.

Ejemplo 2:

Se preparó otra composición particulada usando el método descrito en el ejemplo 1 añadiendo secuencialmente el 19 % en peso de dolomita, el 0,8 % en peso de nitrato de magnesio y el 2,6 % en peso de estruvita a una masa fundida de nitrato de amonio. Se midió que la resistencia a la compresión de las partículas con un diámetro de 3,55 mm era de 5,5 kg. Las partículas se procesaron a continuación en un experimento de hinchamiento: las partículas se sellan en un recipiente y se someten a 5 ciclos de calentamiento y enfriamiento, de 25 °C a 50 °C y de vuelta a 25 °C, de 4 horas cada uno. Se midió que el volumen de las partículas hinchadas era un 16 % mayor que el de las partículas no hinchadas y se midió que la resistencia a la compresión de las partículas hinchadas era de 2,9 kg.

Las partículas no hinchadas se analizaron mediante plasma acoplado inductivamente para medir la cantidad de nitrato de magnesio, pero se encontró una cantidad menor que el 0,8 % en peso. Se pensó que el nitrato de magnesio reaccionaba con la estruvita.

Se preparó otra composición particulada usando el método descrito en el ejemplo 1 añadiendo secuencialmente el 19 % en peso de dolomita, el 1,6 % en peso de nitrato de magnesio y el 2,6 % en peso de estruvita a una masa fundida de nitrato de amonio, es decir, con una proporción de estruvita respecto a nitrato de magnesio de 1,6:1. La resistencia a la compresión de las partículas fue de 5,2 kg después de la producción. Estas partículas se sometieron al mismo experimento de hinchamiento que el anterior: el volumen de las partículas hinchadas fue solo un 6 % mayor que el de las partículas no hinchadas y la resistencia a la compresión de las partículas hinchadas fue de 3,7 kg. Se piensa que el nitrato de magnesio adicional no reacciona con la estruvita y proporciona resistencia adicional en condiciones de hinchamiento.

REIVINDICACIONES

1. Una composición particulada sólida homogénea que comprende nitrato de amonio y del 1,0 al 10 % en peso de estruvita.

2. La composición particulada sólida de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la composición particulada sólida comprende sulfato de amonio y/o un relleno inorgánico, en particular en donde el relleno inorgánico es un relleno inorgánico que contiene calcio.

3. La composición particulada sólida de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el relleno inorgánico que contiene calcio se selecciona del grupo de dolomita, yeso, cal, piedra caliza y/o mezclas de los mismos.

4. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además uno de nitrato de magnesio, sulfato de aluminio y/o mezclas de los mismos, en particular en donde el nitrato de magnesio, sulfato de aluminio y/o mezclas de los mismos está presente en una cantidad del 0,1 al 5,0 % en peso de la composición particulada sólida, en una cantidad del 0,1 al 3,0 % en peso de la composición particulada sólida.

5. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la composición particulada sólida comprende entre el 30 y el 80 % en peso de nitrato de amonio, en particular entre el 60 y el 80 % en peso, más en particular entre el 65 y el 80 % en peso, incluso más en particular entre el 70 y el 80 % en peso de nitrato de amonio.

6. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en donde la composición particulada sólida comprende del 9 al 30 % en peso del relleno inorgánico, en particular del 10 al 30 % en peso del relleno inorgánico, más en particular del 15 al 25 % en peso del relleno inorgánico.

7. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la composición particulada sólida comprende del 2,0 al 10 % en peso de estruvita.

8. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la composición particulada sólida comprende una capa de recubrimiento, en particular una capa de recubrimiento orgánica, en particular una capa de recubrimiento que comprende una cera, un éster de fosfato de alquilo y una amina, en particular en donde la cera es una cera de petróleo o una cera de parafina.

9. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la mediana del tamaño de partícula, D50, de la composición particulada sólida está entre 1,0 y 5,0 mm, en particular entre 2,5 y 4,0 mm, medida mediante etapas de tamizado.

10. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, en donde la composición particulada sólida comprende estruvita y nitrato de magnesio en una proporción en peso entre 3:1 y 1:10.

11. La composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la composición particulada sólida comprende del 60 al 80 % en peso de nitrato de amonio, del 10 al 25 % en peso de dolomita, del 1,0 al 5,0 % en peso de estruvita y del 0 al 5,0 % en peso de nitrato de magnesio.

12. Un método para la fabricación de una composición particulada sólida que comprende nitrato de amonio y estruvita, que comprende las etapas de:

a) proporcionar una masa fundida que comprende nitrato de amonio;

b) añadir una cantidad de estruvita a la masa fundida proporcionada en la etapa a), de modo que la composición particulada sólida final producida en la etapa d) comprenda del 1,0 al 10 % en peso de estruvita;

c) mezclar la masa fundida que comprende nitrato de amonio y estruvita;

d) procesar la masa fundida obtenida en la etapa c) para formar una composición particulada sólida.

13. Uso de estruvita en la fabricación de una composición particulada sólida homogénea que comprende nitrato de amonio como aditivo para mejorar la dureza de la composición particulada sólida.

14. Uso de la composición particulada sólida de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 como fertilizante.