

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 579**

51 Int. Cl.:

C05F 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2013 PCT/US2013/023534**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13116179**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2013 E 13743308 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2809631**

54 Título: **Sistemas y métodos para convertir y procesar lodos orgánicos para la producción de fertilizantes multinutrientes de mayor eficiencia, de gránulo acumulado único**

30 Prioridad:

03.02.2012 US 201261633018 P

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

29.05.2019

73 Titular/es:

**UNITY FERTILIZER LLC (100.0%)
1815 Purdy Avenue
Miami Beach, US**

72 Inventor/es:

**TUTTLE, ROGER E.;
WEBER, DAVID A. y
MORAN, W. DENNIS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 714 579 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

Sistemas y métodos para convertir y procesar lodos orgánicos para la producción de fertilizantes multinutrientes de mayor eficiencia, de gránulo acumulado único

Campo técnico

- 5 La divulgación se refiere a sistemas y métodos para procesar y convertir lodos orgánicos (es decir, material de desecho orgánico heterogéneo) en precursores que incluyen carbono y aminoácidos extraídos de desechos orgánicos, tales como lodo de desechos de tratamiento de aguas residuales municipales y estiércol porcino para la producción de fertilizantes multinutrientes de mayor eficiencia, de gránulo acumulado único, y de fertilizantes multinutrientes de mayor eficiencia, de gránulo acumulado único que minimicen las pérdidas de nitrógeno de la tierra a la atmósfera y de la tierra al agua y cumplan con las nuevas regulaciones para el manejo de nutrientes como lo exige la United States Environmental Protection Agency y el United State Department of Agriculture.

Antecedentes de la invención

- 15 Los estudios agrícolas realizados por científicos de la Universidad de Illinois en suelos han demostrado que "los fertilizantes nitrogenados agotan el carbono orgánico del suelo al tiempo que causan una disminución en el crecimiento y rendimiento del maíz". Investigadores de la Universidad de Rice y la Universidad Estatal de Michigan han demostrado que "la fertilización excesiva del maíz con fertilizante nitrogenado reduce la producción de etanol". Investigaciones de la Universidad de Zurich determinaron que "los suelos almacenan tres veces más carbono que las plantas y la atmósfera. La materia orgánica del suelo desempeña un papel clave en el ciclo global del carbono, ya que almacena cantidades significativas de carbono y, por lo tanto, contrarresta el calentamiento global y el Protocolo de Kyoto permite a los países signatarios contar los suelos como los llamados sumideros de carbono". The Chartered Institute of Water and Environmental Management emitió una declaración de posición sobre "la necesidad de reciclar el fósforo de las plantas de tratamiento de aguas residuales". Los agrónomos de todo el mundo han determinado que "existe una importante deficiencia de azufre en los suelos de las granjas y cuanto menor es la cantidad de carbono en el suelo, más probable es que se produzcan deficiencias de azufre". Los nutricionistas y los agrónomos determinaron que " existe una importante deficiencia global de zinc en la mayoría de los suelos, lo que provoca una disminución en el rendimiento de los cultivos y una grave deficiencia de zinc en los niños". Las tasas de aplicación de zinc son relativamente pequeñas, por lo que es casi imposible aplicar una distribución uniforme sobre cada acre agrícola. Para agregar material orgánico a partir de lodos de alcantarillado y estiércol animal se requiere un producto que tenga características físicas y químicas similares o mejores a las de los fertilizantes comerciales para los cuales existen estándares específicos. Sin embargo, la mayoría o la totalidad de los productos producidos a partir de lodos de depuración y estiércol animal no pueden ser transportados, almacenados o aplicados a través de la infraestructura de fertilizantes de distribución estándar establecida. La mayoría de los agricultores y asesores de seguridad alimentaria, asociaciones de pruebas y laboratorios de pruebas requieren que los lodos de depuración y/o los abonos animales sean esterilizados antes de su uso en cultivos de cadenas alimenticias. IFDC, el líder en producción de plantas piloto de fertilizantes independientes e investigación de cultivos, llevó a cabo un importante estudio para determinar las características de lixiviación y volatilización de la urea y el fertilizante multinutriente de mayor eficiencia de gránulo acumulado único producido a través del presente proceso. Los resultados proporcionaron diferencias significativas y demostraron que los fertilizantes multinutrientes de mayor eficiencia de gránulo acumulado único lixiviaron y volatilizaron significativamente menos que la urea, por lo que proporcionaron más nutrientes en las zonas de raíces del cultivo a costos reducidos de fertilizante.

- 45 Existen instalaciones de tratamiento de aguas residuales primarias, secundarias y/o terciarias para aguas residuales domésticas (es decir, que sirven a los municipios, ciudades, condados, autoridades), aguas residuales de ganado (por ejemplo, de tratamiento de cerdos, ganado vacuno, desperdicios de pollo), aguas residuales comerciales e industriales (por ejemplo, tratamiento de procesamiento farmacéutico, de procesamiento de alimentos, y similares), que producen un flujo de líquido y material de desecho sólido. Estas instalaciones de tratamiento de aguas residuales producen material de desecho orgánico sólido en forma de lodos no digeridos, lodos digeridos, lodos parcialmente digeridos, lodos líquidos, lodos deshidratados y similares.

- 50 Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales generalmente tratan y luego separan las corrientes de desechos líquidos del material de desechos orgánicos. Inicialmente, el material de desecho orgánico tiene típicamente un contenido de sólidos de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 10% en peso, y se denomina lodo líquido. El lodo líquido se puede deshidratar utilizando diversos tipos de equipos de deshidratación, que incluyen pero no se limitan a filtros de vacío, prensas de tornillo, prensas de placa y marco, prensas de filtro de banda y centrifugadoras para formar un lodo deshidratado con un contenido típico de sólidos de aproximadamente 13% a aproximadamente 45 % en peso.

Los documentos de patente de los Estados Unidos US 2005/175516A1, internacional WO 01/68562A2, de los Estados Unidos US 2011/154873A1 e internacional WO 2006/091645A2 describen un número de varios aparatos, métodos y procesos para tratar los lodos de desechos orgánicos

5 Los polímeros de deshidratación química se utilizan para maximizar la liberación de agua del material de desecho orgánico durante la deshidratación. Los polímeros de deshidratación química son floculantes orgánicos sintéticos que actúan sobre las cargas eléctricas de los sólidos para aumentar los enlaces de coagulación que mejoran la liberación de agua del material de desecho sólido orgánico de lodo y dan como resultado una mayor concentración de sólidos en el material deshidratado. Los polímeros de deshidratación química crean un material deshidratado con características de alta viscosidad que da como resultado un material que no es fluido y, por lo tanto, difícil de bombear, y que sigue teniendo un bajo potencial de reducción de la oxidación (ORP) y puede ser oloroso.

10 Existen procesos tradicionales de fabricación de fertilizantes para generar y/o mezclar y combinar uno o más fertilizantes (por ejemplo, fosfato monoamónico (MAP), fosfato diamónico (DAP), sulfato amónico (AS), sulfato de fosfato de amonio, mezclas de NPK) a través de pasos que pueden incluir hacer reaccionar un material o materiales, granular el material reaccionado con o sin otros fertilizantes líquidos o sólidos, y secar el material granulado o los materiales mezclados o combinados.

15 Los países industrializados y en desarrollo en todo el mundo tienen una necesidad importante de aumentar la producción de cultivos, aumentar los rendimientos de los cultivos junto con la calidad de los cultivos y reducir la lixiviación y volatilización del nitrógeno de los fertilizantes al mismo tiempo que reciclar el fósforo y los desechos orgánicos generados por seres humanos y animales. El material de desecho orgánico se genera principalmente a partir de lodos recibidos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales domésticas, instalaciones de tratamiento de estiércol de ganado e instalaciones de tratamiento de aguas residuales industriales. El lodo deshidratado producido por tales instalaciones es generalmente viscoso (viscosidad típica superior a 500.000 centipoises y hasta 2.000.000 centipoises), lo que dificulta la producción de un producto consistente, fluido, sin olor y sin combustión, directamente a partir de lodo deshidratado. Los productos que se producen directamente a partir de lodos deshidratados son generalmente de baja calidad y, en general, no cumplen con los estándares de fertilizantes comerciales según se definen en el Manual for Determining Physical Properties of Fertiliser, 2ª edición (International Fertilizer Development Center (IFDC), febrero de 1993) y los estándares de la Association of America Plant Food Control Official (AAPFCO). Además, debido a que los lodos deshidratados se generan a partir de una variedad de instalaciones diferentes, cada una con flujos de desechos y procesos de tratamiento potencialmente diferentes, los lodos deshidratados generalmente son de naturaleza heterogénea.

20 Los siguientes son algunos de los principales problemas químicos, biológicos, físicos, económicos, logísticos y operacionales de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales existentes que impiden el reciclaje eficiente y rentable de material de desecho orgánico: incapacidad para procesar materiales de desecho de múltiples y variadas fuentes; incapacidad para eliminar sustancialmente los patógenos y el olor en los materiales tratados; incapacidad para producir un material tratado que sea fluido; y/o incapacidad para producir un material tratado libre de combustión, libre de olor y polvo y que sea homogéneo; incapacidad para producir un fertilizante que cumpla con las especificaciones de un fertilizante comercial, y además los estándares del Manual for Determining Physical Properties of Fertiliser, 2ª edición y los estándares de la Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO).

25 Existe la necesidad en la técnica de un proceso eficiente para aliviar todas estas cuestiones y problemas. El presente proceso y el sistema de granulación de reactores de tubo producen fertilizantes multinutrientes de gran eficiencia de gránulo acumulado único que superan estas cuestiones y problemas. El fertilizante de múltiples nutrientes de gran eficiencia y granulado acumulado único producidos a través del presente proceso y el sistema de granulación del reactor de tubo extrae carbono y aminoácidos de los desechos orgánicos y los utiliza como precursores para producir la nueva generación de "fertilizantes de eficiencia mejorada". El presente proceso utiliza el equipo de granulación de reactores de tubo que es vital y necesario para completar la conversión química y la esterilización para la producción de fertilizantes de múltiples nutrientes de gran eficiencia de gránulo acumulado único.

Compendio de la invención

30 En una realización, se describe un proceso para convertir un lodo heterogéneo deshidratado que contiene materiales de desecho orgánicos en un extracto homogéneo de carbono y aminoácidos para usar en un proceso de producción de fertilizantes de reactor de tubo granulador. El proceso de conversión comprende los pasos de bombear un lodo deshidratado heterogéneo que incluye de aproximadamente 13% a aproximadamente 45% de sólidos; agregar ácido sulfúrico al lodo en una cantidad suficiente para causar que el pH de la mezcla resultante sea menor de aproximadamente 1; bombear la mezcla a través de al menos un mezclador de mezcla estática en línea para mezclar el lodo con el ácido sulfúrico para reducir la viscosidad de la mezcla a menos de aproximadamente 5.000 centipoises; agregar productos químicos acondicionadores a la mezcla para causar que el extracto creado tenga un potencial de reducción de la oxidación mayor de aproximadamente 250 mV; bombear la mezcla a través de al menos un mezclador

de cizallamiento estático en línea para mezclar los productos químicos de acondicionamiento en la mezcla, para sustancialmente esterilizar la mezcla de patógenos y eliminar sustancialmente los grumos de la mezcla; y agitar mecánicamente la mezcla durante un tiempo de envejecimiento para crear el extracto homogéneo.

5 En otra realización, se describe un sistema de conversión de lodos para convertir un lodo heterogéneo que contiene materiales de desecho orgánicos en un extracto homogéneo de carbono y aminoácidos para usar en un sistema de producción de fertilizante en un reactor de tubo granulador. El sistema de conversión comprende una bomba de desplazamiento positivo configurada para bombear un lodo deshidratado que incluye de aproximadamente 13% a aproximadamente 45% de sólidos; al menos un mezclador de mezcla estática en línea configurado para recibir los lodos de la bomba y mezclar los lodos con ácido sulfúrico para reducir el pH de la mezcla resultante a menos de aproximadamente 1 y la viscosidad de la mezcla resultante a menos de aproximadamente 5.000 centipoises; al menos un mezclador de cizallamiento estático en línea configurado para recibir la mezcla del mezclador de mezcla estática y para mezclar la mezcla con productos químicos acondicionadores, para causar un potencial de reducción de la oxidación mayor de 250 mV, para sustancialmente esterilizar sustancialmente la mezcla de patógenos y para eliminar sustancialmente grumos en la mezcla; un sensor del proceso configurado para medir el potencial de reducción de la oxidación corriente abajo del mezclador de cizalla estático en línea, un tanque de envejecimiento configurado para recibir la mezcla del mezclador de cizalla estático en línea y agitar la mezcla para mantener la homogeneidad de la mezcla mientras que la mezcla envejece para llegar a ser el extracto; y una bomba de transferencia configurada para llevar el extracto del tanque de envejecimiento al sistema de producción del fertilizante.

20 La presente invención puede asistir en un proceso para convertir un lodo homogéneo deshidratado que contiene materiales de desecho orgánicos en un fertilizante granulado. Siguiendo los pasos del proceso descritos anteriormente, pasos adicionales pueden ser bombear el extracto en un reactor de tubo cruzada para su reacción con un ácido y una base para formar un fundido; evaporar agua del fundido como vapor; enrollar el fundido en partículas finas recicladas para formar gránulos acumulados; y secar los gránulos acumulados para formar un fertilizante granular.

25 La presente invención puede asistir también en un sistema para convertir un lodo homogéneo deshidratado que contiene materiales de desecho orgánicos en un fertilizante granular. Siguiendo el sistema de conversión del lodo descrito anteriormente el sistema para el fertilizante granular puede además comprender una bomba de transferencia configurada para bombear el extracto del tanque de envejecimiento; un reactor de tubo configurado para recibir el extracto desde la bomba de transferencia y para mezclar el extracto con un ácido y una base para formar un fundido; un granulador configurado para eliminar rápidamente el agua del fundido y enrollar el fundido en finas partículas para formar gránulos acumulados; y un secador para secar los gránulos acumulados para formar el fertilizante granular.

35 La presente invención puede proporcionar un fertilizante granular orgánicamente mejorado de nitrógeno, fósforo y azufre. El fertilizante comprende al menos aproximadamente el 0,5% en peso de carbono total y aminoácidos; y tiene un tamaño de gránulo acumulado mayor o igual a aproximadamente 1,7 mm. El fertilizante no es combustible en una prueba de combustión de nube de polvo realizada según el método de prueba estándar ASTM E1226.

Breve descripción de los dibujos

Para fines de ilustración, se muestran en los dibujos realizaciones que se prefieren actualmente; entendiéndose, sin embargo, que esta invención no está limitada a las disposiciones y construcciones precisas particularmente mostradas.

40 La FIG. 1 es un diagrama de flujo del proceso de una realización de un sistema y proceso para convertir los lodos que se suministran a un sistema y proceso de producción de fertilizantes granulares.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo del proceso de una realización de un sistema y proceso para hacer fertilizante granular utilizando lodos convertidos producidos a partir de un sistema y proceso como se ilustra en la FIG.1 para producir un fertilizante granular de nitrógeno, fósforo y azufre mejorado orgánicamente.

45 Las FIGs. 3A y 3B son gráficos de datos para la incubación de un producto fertilizante de nitrógeno-fósforo-azufre mejorado orgánicamente como se describe en este documento en comparación con fertilizantes alternativos.

Las FIGs 4A, 4B, 4C y 4D son gráficos de datos de pérdidas por volatilización de un producto fertilizante de nitrógeno-fósforo-azufre mejorado orgánicamente como se describe en este documento en comparación con fertilizantes alternativos en varios tipos de suelos.

50 Las FIGs 5A y 5B son gráficos de datos para pérdidas de lixiviación de un producto fertilizante de nitrógeno-fósforo-azufre mejorado orgánicamente como se describe en este documento en comparación con fertilizantes alternativos en diferentes tipos de suelos.

Las FIGs 6A y 6B son gráficos que ilustran datos para tasas de crecimiento de arroz trasplantado utilizando un producto fertilizante de nitrógeno-fósforo-azufre mejorado orgánicamente como se describe en este documento en comparación con fertilizantes alternativos.

5 Las FIGs 7A, 7B y 7C son gráficos que ilustran datos para el rendimiento de trigo usando un producto fertilizante de nitrógeno-fósforo-azufre mejorado orgánicamente como se describe en este documento en comparación con fertilizantes alternativos.

Descripción detallada de la invención

10 Una realización de un sistema y proceso de conversión de lodos se muestra esquemáticamente en la FIG. 1, y un ejemplo de un sistema y proceso de granulación de fertilizante que usa lodos convertidos por el sistema de conversión de lodos, se muestra esquemáticamente en la FIG.2. Ambos procesos son procesos continuos, aunque el sistema de conversión de lodos incluye un tanque de envejecimiento en su extremo de corriente abajo, de manera que los lodos convertidos pueden mantenerse durante un período de tiempo antes de ser alimentados al sistema de granulación del fertilizante.

15 El proceso descrito en este documento va en contra del paradigma actual que trata solamente los materiales de desechos orgánicos por secado y reduciendo su volumen. Dicho tratamiento no elimina los patógenos ni evita la combustión de los lodos secos resultantes. En cambio, en el proceso descrito en este documento, los desechos orgánicos se convierten en un extracto de carbono y aminoácidos que se puede usar como un aditivo de un proceso para producir un producto fertilizante que es inodoro, no tiene patógenos detectables y es incombustible.

20 El sistema de conversión de lodos recibe lodos deshidratados, por ejemplo, de múltiples plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, y convierte los lodos en un extracto homogéneo de carbono y aminoácidos. El extracto se utiliza luego como ingrediente de la materia prima y como ayuda de enfriamiento/granulación en la producción de fertilizantes comerciales inorgánicos mejorados orgánicamente. El extracto se puede utilizar como materia prima para las instalaciones de producción existentes de sulfato amónico, fosfato diamónico, fosfato de monoamonio y nitrógeno-fósforo-potasio para producir una gama de productos fertilizantes. Preferiblemente, el extracto se suministra a un sistema de granulación de fertilizante de reactor cruzado de tubo (PCR) estándar para producir un fertilizante granular.

25 El resultado neto del sistema de conversión de lodos es un extracto que tiene una viscosidad reducida en comparación con los lodos deshidratados sin procesar, no tiene olor esencialmente, no tiene componentes de combustibilidad sustancialmente y está libre de patógenos con una certificación internacional NSF. Se sabe que el lodo contiene de 60%-80% de combustibles, 30%-45% de carbono, 10%-40% de proteínas y 5%-20% de celulosa. Los procesos anteriores hacen poco más que lodos secos al eliminar el agua. Sin embargo, el lodo seco sigue siendo combustible y, por lo tanto, no es apto para su distribución a través de la infraestructura estándar de distribución de fertilizantes global establecida. Por el contrario, el extracto obtenido mediante los procesos descritos en este documento, cuando se usa como materia prima para un sistema de granulación de fertilizante de reactor de tubo cruzado (PCR) estándar, produce un fertilizante que no es combustible y, por lo tanto, se puede distribuir en todo el mundo utilizando la infraestructura de distribución de fertilizantes establecida.

30 El sistema de conversión de lodos puede recibir lodos deshidratados que tienen entre aproximadamente el 13% y aproximadamente el 45% de sólidos. El sistema es preferiblemente un sistema de procesamiento de flujo continuo sellado en línea. La conversión del lodo asegura la eliminación de grumos al utilizando tanto mezcladores de mezcla como mezcladores de cizalla en serie en la línea. Los mezcladores incluyen elementos internos que crean una mezcla y cizallamiento intensos para maximizar el contacto químico con todas las partículas de lodo, lo que permite la reacción completa de un oxidante como el ácido sulfúrico con el lodo y la esterilización de patógenos sustancialmente completa.

35 El sistema de conversión de lodos se controla para que el extracto cumpla con ciertos criterios, cuyos parámetros se monitorizan. Primero, el extracto tiene un pH de menos de 2 antes de transferir al proceso de granulación. El pH puede medirse, por ejemplo, con una sonda en línea y confirmarse con muestras de laboratorio. En segundo lugar, el potencial de reducción de la oxidación (ORP) del extracto es superior a 300 mV. El ORP puede medirse con una sonda en línea y confirmarse con muestras de laboratorio. En tercer lugar, la viscosidad del extracto es inferior a 5.000 centipoises (cP). La viscosidad puede medirse con dispositivos de medición en línea y confirmarse con muestras de laboratorio. En cuarto lugar, la temperatura de la reacción exotérmica del ácido sulfúrico durante el procesamiento debe alcanzar al menos 54° C. La temperatura se puede medir con una sonda en línea y se puede confirmar con muestras de laboratorio.

40 Los pasos operativos y el equipo del sistema de conversión de lodos se describirán con más detalle a continuación. En resumen, el sistema incluye los siguientes pasos, en secuencia. En primer lugar, los lodos deshidratados se reciben de un sistema de transporte, como camiones de volteo, remolques de descarga o contenedores intermodales. El lodo se ha deshidratado a una concentración de sólidos que varía de aproximadamente 13% a aproximadamente 45% de sólidos (con un promedio de aproximadamente 15% a aproximadamente 17%). A continuación, el lodo se transfiere a

- una tolva de fondo vivo y se transporta mediante un transportador de tornillo hacia la garganta de una bomba de pistón de desplazamiento positivo. El lodo se bombea a través de al menos un mezclador estático en línea (mezclando) junto con un primer oxidante químico (ácido sulfúrico), y luego a través de al menos un mezclador estático en línea (cizalla) mientras se agrega agua más otros posibles productos químicos acondicionadores (típicamente ácido sulfúrico adicional), ácido fosfórico, ácido acético, ácido peracético, peróxido de hidrógeno, sulfato férrico líquido, sulfato de zinc líquido), si es necesario, y luego se bombea a través de un tubo en un tanque de almacenamiento con mezcla mecánica. Después, el lodo se envejece en un tanque de almacenamiento de mezcla continua para completar el proceso de conversión y producir el extracto de carbono y aminoácidos. El extracto homogéneo almacenado se puede bombear a un tanque de día cuando sea necesario para suministrarlo a un sistema de granulación de fertilizante.
- 5
- 10 En la realización de un sistema de conversión de lodo 100 mostrado en la FIG. 1, el siguiente equipo está dispuesto en secuencia: un depósito o tolva de fondo vivo 10 para recibir lodos deshidratados, uno o más transportadores de tornillo 14 para mover los lodos deshidratados de la tolva 10, una bomba de desplazamiento positivo 20 para bombear el lodo deshidratado, un primer mezclador estático 30 para mezclar el ácido (inyectado a través de la válvula 22) con el lodo, un segundo mezclador estático 40 para mezclar productos químicos acondicionadores y agua (inyectado a través de la válvula 34) en el lodo, al menos un tanque de envejecimiento del extracto 60, una bomba de transferencia 70 para transferir el extracto del tanque de envejecimiento 60 a un tanque de día 80, y una bomba de alimentación 90 para bombear extracto del tanque de día 80 a un sistema de granulación de fertilizante. Una bomba de recirculación 62, permite que el extracto se transfiera de un tanque a otro y se recircule dentro de cada tanque.
- 15
- 20 A través de la siguiente descripción, se describe un conjunto de equipos de ejemplo, aunque se entiende que el sistema de conversión de lodos 100 y el proceso pueden escalarse a un sistema más grande o más pequeño según se requiera. El sistema de conversión de lodo 100 se dimensiona en función de la salida del fertilizante granulado deseado de un sistema de granulación de fertilizante 200 (como se describe a continuación con referencia a la FIG. 2), ya que el extracto a la salida del sistema de conversión de lodo 100, es una entrada de ingrediente principal en el sistema de granulación del fertilizante 200 (que se muestra en la FIG. 2). Por ejemplo, un sistema de granulación del fertilizante 200 que produce al menos 1.100 toneladas cortas por día ("stpd") (1000 toneladas métricas por día) de fertilizante granulado consumiría aproximadamente 1.210 stpd de extracto por día, basado en una relación de alimentación del proceso 1:1 (es decir, un sistema de granulación de fertilizante 200 que produce 1 tonelada seca de fertilizante granulado por cada 1,1 toneladas húmedas de extracto suministrado). Esto se traduce en aproximadamente 1.030 stpd de lodos deshidratados suministrados con un 15% de sólidos (o 620 stpd con un 25% de sólidos), teniendo en cuenta las adiciones químicas durante el proceso de acondicionamiento. Por supuesto, si la relación de diseño cambia (es decir, si el proceso de granulación del fertilizante hace un uso más o menos eficiente del extracto), el tamaño del sistema de conversión de lodo 100 debe ajustarse en consecuencia.
- 25
- 30 Cuando el lodo deshidratado llega en un camión de descarga o contenedor de descarga, se descarga en una tolva receptora de fondo vivo 10. El tamaño y la cantidad de tolvas 10 se pueden seleccionar para lograr la cantidad deseada de horas por día de operación y capacidad de procesamiento del proceso. Por ejemplo, para poder manejar dos volquetes de 20 a 25 toneladas que llegan simultáneamente y vacían sus cargas en 15 minutos, se pueden usar hasta cuatro pares de tolvas 10, cada tolva 10 tiene una capacidad de 50 toneladas y es capaz de vaciar una carga de 20 toneladas en 25 minutos. Un sistema de hasta cuatro pares de tolvas podría manejar aproximadamente 1.030 toneladas por día de un 15% de lodos deshidratados.
- 35
- 40 En este punto, el lodo deshidratado en las tolvas 10 contiene aproximadamente de 13% a aproximadamente 45% de sólidos, y por lo tanto es oloroso. El lodo también contiene cantidades significativas de grumos y material fibroso, por lo que la viscosidad es muy alta, generalmente del orden de 500.000 centipoises o más, y podría ser tan alta como 2.000.000 centipoises.
- 45 En las tolvas 10, el lodo se mezcla y se mueve a una serie de transportadores de tornillo sin eje de descarga 14 mediante múltiples tornillos en espiral o sinfines 12 internos a la parte inferior de la tolva 10. Los motores de la tolva y del transportador de tornillo son preferiblemente de velocidad variable para facilitar el ajuste de flujo con equipos de procesamiento corriente abajo. Por ejemplo, los transportadores de tornillo pueden configurarse con dos transportadores 14 que sirven a cada par de tolvas 10 y están dimensionados para transportar una carga de hasta 20 toneladas en 25 minutos.
- 50 Los transportadores de tornillo 14 transfieren el lodo deshidratado a la bomba 20 que alimenta el resto del sistema de acondicionamiento corriente abajo al tanque de envejecimiento 60. Para poder manejar el lodo deshidratado viscoso, la bomba 20 es preferiblemente una bomba de desplazamiento positivo del tipo de garganta abierta. Sobre la base de una transferencia de carga de 20 toneladas en 25 minutos, la bomba 20 se dimensionaría para bombear al menos unos 200 galones por minuto. Se pueden organizar múltiples bombas en paralelo si es necesario. La bomba 20 es accionada preferiblemente por un accionamiento hidráulico de velocidad variable para acomodar las variaciones deseadas en la velocidad de alimentación. Preferiblemente, la bomba 20 es una bomba de pistón.
- 55

ES 2 714 579 T3

5 El lodo bombeado se transporta preferiblemente a través del proceso de tratamiento en tuberías que pueden soportar las mismas condiciones de presión que la bomba 20, es decir, condiciones muy ácidas (por ejemplo, pH inferior a 1) y altas temperaturas (por ejemplo, por encima de 50° C). Por ejemplo, la tubería puede estar hecha de acero inoxidable tipo 316. El caudal de lodo determinará el tamaño de la tubería. Por ejemplo, 760 litros (200 galones) por minuto de alimentación de lodos requerirían aproximadamente una tubería de 35 cm (14 pulgadas) de diámetro.

A continuación, se inyecta un oxidante químico en la corriente de lodo deshidratado para iniciar el proceso que neutraliza los compuestos de olor al hacer que el ORP aumente por encima de los 300 mV, se reduce la viscosidad, se elimina la combustión y se homogeniza el material. El oxidante químico se agrega a los lodos justo antes del primer mezclador estático 30.

10 Preferiblemente, el oxidante químico es un ácido a una velocidad de alimentación de aproximadamente 1% a aproximadamente 50% en peso de los materiales de desecho, preferiblemente 10% en peso. Por ejemplo, una velocidad de alimentación de ácido de 7,6 litros por minuto (20 gpm) puede corresponder a una velocidad de lodo bombeado de 760 litros por minuto (200 gpm). Preferiblemente, el ácido es ácido sulfúrico en un grado de 93% o más. Más preferiblemente, el ácido es ácido sulfúrico en un grado de aproximadamente 98%. Más preferiblemente, se añade una combinación de ácido sulfúrico y ácido fosfórico en cantidades de aproximadamente 10% en peso de ácido sulfúrico y aproximadamente 2% en peso de ácido fosfórico. El ácido se puede añadir a los lodos mediante bombeo. Preferiblemente, el ácido se agrega mediante bombas dosificadoras químicas que pueden aplicar presiones de hasta 1.400 kPa (200 psi). El pH inicial del lodo, típicamente en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 6, se reduce mediante la adición de ácido a un pH de aproximadamente 1 a aproximadamente 2. El ácido ayuda a oxidar, hidrolizar, fluidificar y esterilizar el material de desecho orgánico en el lodo. En adición al ácido, se puede agregar agua al lodo a una concentración de aproximadamente 1% a aproximadamente 50% en peso, preferiblemente aproximadamente 7,5% en peso, para ayudar a fluidificar el lodo.

25 La temperatura de los lodos se controla mediante un sensor de temperatura 32 ubicado en o cerca del extremo de corriente abajo del primer mezclador estático 30. Preferiblemente, los lodos alcanzarán una temperatura de al menos aproximadamente 54° C en el momento en que salen del primer mezclador estático 30, para garantizar que muchos de los componentes biológicamente activos de los lodos se neutralicen. Se puede usar cualquier mezclador estático disponible comercialmente.

30 El lodo bombeado, mezclado con el oxidante químico, continúa corriente abajo hasta el primer mezclador estático 30. El primer mezclador estático 30 es un mezclador de mezcla estática diseñado para dispersar el oxidante químico en el lodo. La combinación de la mezcla mecánica y la reacción química del oxidante químico con el material de desecho orgánico en el lodo reduce la viscosidad desde tan alta como 2.000.000 centipoises a menos de aproximadamente 5.000 centipoises. En una realización, el primer mezclador estático 30 está configurado para lograr la mezcla de dos maneras, por desviación de flujo y recombinación y por mezcla radial.

35 Después de que el lodo mezclado y de menor viscosidad salga del primer mezclador estático, el lodo fluye hacia el segundo mezclador estático 40. Se puede usar cualquier mezclador estático disponible comercialmente. Justo corriente arriba del segundo mezclador estático 40, se inyecta agua adicional y, si es necesario, se inyecta productos químicos acondicionadores adicionales. Los productos químicos acondicionadores adicionales pueden incluir, entre otros, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido acético, ácido peracético, peróxido de hidrógeno, sulfato férrico, sulfato ferroso, mineral de hierro, sulfato de aluminio, sulfato de zinc, roca de fosfato molida, boro, molibdeno y combinaciones de los mismos. El sulfato férrico proporciona hierro como micronutriente al fertilizante y aumenta la dureza de los gránulos acumulados de fertilizante. El ácido fosfórico, si se agrega, se agrega preferiblemente en pequeñas cantidades (es decir, de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 20% en peso) en un grado de aproximadamente 30% a aproximadamente 70%, preferiblemente de aproximadamente 40% a aproximadamente 60%, y más preferiblemente, de alrededor del 54%. El ácido fosfórico agrega dureza al material de desecho acidificado y mejora la capacidad de granulación del extracto fundido del granulador resultante.

45 Cuando se agrega agua, la cantidad total agregada es preferiblemente de aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 25% en peso. La cantidad de agua que se agrega depende de la concentración de sólidos de los materiales de lodo deshidratado de inicio que se utilicen. La cantidad total de agua en el extracto incluye finalmente cualquier agua incluida en el lodo deshidratado original, agua de la mezcla de sulfato férrico/agua, agua de los ácidos sulfúrico y fosfórico y agua de cualquier otra fuente.

55 El segundo mezclador estático 40 incorpora los productos químicos de acondicionamiento en el lodo y además homogeneiza el lodo. El segundo mezclador estático 40 es un mezclador estático de cizalla en línea destinado a crear una excelente mezcla y romper cualquier grupo restante de material en el lodo. El segundo mezclador estático puede tener tiras de corte ligeramente ahuecadas que se aniden juntas para formar un elemento. A la salida del segundo mezclador estático 40, el lodo es esencialmente un extracto condicionado y homogéneo de carbono y aminoácidos que se puede usar como materia prima para un proceso de granulación corriente abajo. En el extremo corriente abajo

del segundo mezclador estático 40, se ubican varios sensores para medir las condiciones de proceso del extracto. En particular, se proporcionan un sensor de temperatura 42, un sensor de pH 44, un sensor de potencial de reducción de la oxidación (ORP) 46, y un medidor de viscosidad 48 en la tubería corriente abajo del segundo mezclador estático 40. También se proporciona un medidor de flujo 50 para medir el caudal de lodos. Un intervalo de temperatura preferido en este punto del proceso es de aproximadamente de 20° C a aproximadamente 70° C. Un intervalo de presión preferido en el sistema es de aproximadamente 207 kPa (30 psig) a aproximadamente 2.070 kPa (300 psig), y más preferiblemente de aproximadamente 620 kPa (90 psi) a aproximadamente 760 kPa (110 psi). Si es necesario, la cantidad y la concentración de ácido y otros productos químicos acondicionadores agregados en las etapas del proceso corriente arriba pueden ajustarse para lograr la temperatura, presión, pH, ORP, recuento de patógenos, viscosidad, etc. deseados.

Después del segundo mezclador estático 40, el lodo (ahora un extracto de carbono y aminoácidos) fluye en uno o más tanques de almacenamiento y mezcla 60. El número y tamaño de los tanques 60 está determinado por el rendimiento del sistema de acondicionamiento 100 y el tiempo de residencia deseado en los tanques 60. El tiempo de residencia en el tanque de almacenamiento o tanques 60 puede ser de aproximadamente 12 horas a aproximadamente 96 horas. Preferiblemente, el tiempo de residencia es de aproximadamente 2 días a aproximadamente 4 días. Por ejemplo, para un sistema de acondicionamiento 100 de 1.100 stpd, se pueden usar tres tanques 60, cada tanque 60 proporciona una capacidad de almacenamiento de 1.670.000 litros (440.000 galones) cada uno.

Cada tanque 60 está preferiblemente recubierto con un material que permite que el tanque resista condiciones muy ácidas (por ejemplo, pH 0,5-2,0) y temperaturas elevadas (es decir, por encima de 50° C). Cada tanque 60 está equipado con un mezclador mecánico vertical 64 que agita el extracto para mantener la homogeneidad y permite que el extracto "envejezca" a medida que se completa el proceso de reacción química. Por ejemplo, se puede proporcionar un agitador de baja velocidad disponible en el mercado en cada tanque 60 para mantener la consistencia del extracto. Cada agitador 64 está equipado preferiblemente con dos impulsores, ambos del mismo tamaño, y un impulsor de cosquilleo en la parte inferior de cada eje. Al finalizar el tiempo de residencia, el extracto está típicamente en un estado similar a un coloide.

También se puede proporcionar una bomba de recirculación 62 para agitar y homogeneizar aún más el contenido de uno o más tanques 60.

El extracto se transfiere de los tanques de almacenamiento 60, primero típicamente a un tanque de día 80 y luego a un sistema de granulación de fertilizante 200. Preferiblemente, el extracto se transfiere usando una bomba de transferencia 70. La bomba 70 se dimensiona según el flujo deseado de los tanques 60. Preferiblemente, cada tanque de almacenamiento 60 tendrá su propia bomba dedicada. Por ejemplo, para vaciar un tanque de 1.670.000 litros (440.000 galones) en aproximadamente 8 horas, se puede usar una bomba de 760 litros por minuto (200 gpm). Las bombas adecuadas incluyen bombas de lóbulo giratorio de desplazamiento positivo 70.

Típicamente, el extracto se bombea a un tanque de día 80 que contiene un volumen limitado para ser utilizado de forma inminente en un sistema de granulación de fertilizante corriente abajo 200. El tanque de día 80 proporciona una mezcla adicional preferiblemente a una velocidad de mezcla más alta que en los tanques de almacenamiento 60. El tanque de día 80 permite la estandarización final del extracto antes de convertirlo en un fertilizante. Uno o más tanques de día 80 pueden usarse en paralelo o en serie. El tanque de día o los tanques 80 están dimensionados preferiblemente para un mínimo del 25% del requerimiento diario de extracto. Por ejemplo, el tanque de día 80 puede tener una capacidad de 300.000 a 570.000 litros (80.000 a 150.000 galones) de capacidad.

Desde el tanque de día 80, el extracto se bombea al sistema de granulación de fertilizante 200 mediante una bomba de alimentación 90. Preferiblemente, la bomba de alimentación 90 es una bomba de lóbulo rotativo de desplazamiento positivo. La velocidad de la bomba de alimentación está dimensionada para coincidir con la capacidad y el caudal deseado del sistema de granulación de fertilizante 20, y específicamente para coincidir con la tasa de consumo de extracto en un reactor de tubo cruzado en el sistema de granulador de fertilizante. Por ejemplo, para un sistema de fertilizante de 1.100 stpd, se puede usar una bomba que tenga una capacidad de 570 a 760 litros por minuto (150 a 200 gpm).

Además de las mediciones en línea descritas anteriormente, se pueden medir varios parámetros en línea en una o más ubicaciones diferentes, en uno o más de los tanques de almacenamiento 60 y/o en el tanque de día 80. Las mediciones pueden incluir la viscosidad, temperatura, ORP, y pH. También se contemplan otras medidas, tales como el análisis del tamaño de partícula. Las mediciones se pueden medir manualmente o se pueden automatizar.

Tales mediciones pueden usarse para ajustar el proceso de tratamiento para optimizar el extracto. La optimización se puede hacer manualmente o se puede automatizar. La optimización puede incluir agregar o eliminar calor al sistema, ajustar la cantidad de uno o más de los aditivos químicos, modificar la reacción exotérmica, ajustar la velocidad de

mezcla de uno o más de los mezcladores, y ajustar el flujo para desviar o pasar a través de uno o más de los dispositivos en línea.

En resumen el proceso mostrado en la FIG. 1, acepta material de desecho orgánico que contiene lodos en varias formas, incluyendo el lodo deshidratado, y convierte ese lodo en un extracto que está esencialmente libre de patógenos y olores, de viscosidad suficientemente baja para ser fácilmente bombeable, y adecuado como material de alimentación para un sistema de granulación de fertilizante de reactor de tubo. El extracto tiene preferiblemente un ORP de más de 300 mV, un pH de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 2,0, una viscosidad de menos de 5.000 cps (preferiblemente menos de 3.000 cps, y más preferiblemente menos de 1.000 cps), y está sustancialmente libre de patógenos y compuestos de azufre.

El extracto producido por los procesos ilustrados en la FIG. 1 y descrito anteriormente tiene numerosas características beneficiosas.

Primero, el extracto es esencialmente homogéneo y es fluido según lo medido por la viscosidad del fluido. Los procesos históricos de tratamiento, especialmente aquellos que utilizan polímeros de deshidratación química, producían un material que tenía una viscosidad superior a 1.000.000 centipoises, lo que hacía difícil, si no imposible, mezclar el material y/o almacenar el material en grandes tanques de almacenamiento (por ejemplo, tanques de almacenamiento de más de 200.000 galones). En contraste, el presente proceso produce un extracto que tiene una viscosidad significativamente menor que aproximadamente 5.000 centipoises, típicamente por debajo de 3.000 centipoises, y más típicamente tan bajo como 1.000 centipoises. El extracto también tiene un pH de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 2,0, y más típicamente de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 2,0, por lo que es necesario agregar menos ácido en el proceso de granulación del fertilizante.

Además, el extracto tiene un potencial de reducción de la oxidación ("ORP") mayor de aproximadamente 250, y generalmente mayor de aproximadamente 300, y más típicamente mayor de aproximadamente 350. Se puede confiar en las mediciones de ORP para determinar el potencial de desinfección del material que se está midiendo. Los valores bajos de ORP, tales como los que se encuentran en materiales generados en procesos de tratamiento históricos (por ejemplo, ORP de menos de 1) demuestran que la muerte microbiana o potencial de desinfección en esos materiales es bajo. En contraste, un ORP más alto, como en el extracto, indica un alto potencial de desinfección del material. El aumento del ORP reduce los olores y reduce el potencial de incendios del material combustible en el producto final.

El extracto es sustancialmente inodoro como consecuencia de la eliminación de compuestos causantes de olor a través de la oxidación de compuestos tales como el sulfuro de carbono, sulfuro de carbonilo, disulfuro de dimetilo, sulfuro de dimetilo, mercaptano de etilo, sulfuro de hidrógeno, mercaptano de isopropilo, mercaptano de metilo, dióxido de azufre y otros compuestos productores de azufre que causan los olores. Los procesos y productos inodoros o sustancialmente inodoros proporcionan una ventaja significativa en cuanto a encontrar un lugar para una instalación de procesamiento de lodos.

Además, el extracto está sustancialmente libre de patógenos. Los patógenos incluyen bacterias patógenas, parásitos, huevos de helmintos y virus. En general, los procesos de tratamiento descritos anteriormente eliminan sustancialmente los patógenos debido a las tensiones creadas por las condiciones de pH bajo y altas temperaturas, que esterilizan los lodos. Como resultado, se evita el recrecimiento de patógenos, no solo en el extracto sino en cualquier producto (por ejemplo, fertilizantes) producidos a partir del mismo.

El extracto producido por el sistema y el proceso descrito en este documento puede procesarse corriente abajo como un fertilizante utilizando cualquier método de procesamiento de fertilizante conocido. Por ejemplo, el material puede procesarse según los procesos de los documentos de patente de Estados Unidos números 7.128.880; 7.169.204; 6.159.263; 5.984.992; 6.758.879; 6.841.515; y 8.057.569.

La FIG. 2 muestra una descripción general de un sistema de granulación de fertilizante 200 y el proceso que comienza con el extracto como materia prima. El sistema 200 para procesar el extracto homogéneo como un fertilizante granular incluye al menos un reactor de tubo 210, un granulador 220 y un secador 230. El sistema 200 también puede incluir los depuradores 232 de ciclón y Venturi para capturar el polvo agotado del secador 230 y pantallas 240 para refinar el tamaño de los gránulos acumulados de fertilizante. Los gránulos de tamaño insuficiente pueden devolverse al granulador 220 como finos, y los gránulos de gran tamaño acumulados pueden triturarse en una trituradora 242 y devolverse de manera similar al granulador 220 como finos. También se puede incluir un enfriador 250 para enfriar los gránulos acumulados de fertilizante corriente abajo del secador 230, y los depuradores 260 pueden ser necesarios para el control de la contaminación. El reactor 210 puede ser un reactor de tubo. Preferiblemente, se utiliza un reactor de tubo cruzado. El granulador 220 puede ser un granulador de tambor rotativo. El secador 230 puede ser cualquier secador usado en la industria.

En resumen, en la realización de un sistema de granulación de fertilizante representado en la FIG. 2, el extracto se bombea a un reactor de tubo cruzado (PCR) 210 donde absorbe el calor generado por la reacción entre el ácido

sulfúrico concentrado y el amoníaco anhidro que se inyecta en el PCR 210. En el PCR 210 se generan temperaturas de hasta 100° C y un pH de 2 o más bajo. En estas condiciones operativas, se forman sales inorgánicas a partir de la reacción de mezcla de ácido con amoníaco anhidro, se logra la esterilidad microbiana, ocurre la hidrólisis de las macromoléculas orgánicas (proteínas) que están presentes en las aguas residuales, las proteínas se convierten en aminoácidos y se unen con las sales inorgánicas creadas para formar complejos que resisten la volatilización y lixiviación del producto fertilizante.

De este modo se produce una masa fundida de reacción a partir del extracto, y la masa fundida se transfiere al granulador 220, que elimina aproximadamente de 50% a 65% del agua como resultado de la energía exotérmica generada por la reacción ácido-base. Específicamente, más del 50% del agua se evapora de la masa fundida en forma de vapor, y la masa fundida se enrolla sobre partículas finas recicladas en un granulador 220 para formar gránulos acumulados. Por lo tanto, solo se requiere aproximadamente un 50% de energía de combustión adicional en el secador 230 para completar el proceso de secado. Este proceso da como resultado un granulado acumulado de fertilizante duro que contiene menos de 2% de humedad.

Cuando el extracto se transforma en un fertilizante utilizando los procesos tradicionales de fabricación de fertilizantes o cualquier otro proceso similar, como el proceso que se muestra en la FIG. 2, el fertilizante resultante generalmente tiene características físicas que cumplen o exceden los estándares de la industria. El fertilizante resultante es un fertilizante granulado de liberación lenta alto en nitrógeno, azufre y micronutrientes y que contiene aminoácidos esenciales para el crecimiento de las plantas. El fertilizante también puede incluir fósforo, típicamente en forma de fosfatos. Una formulación preferida de nitrógeno-fósforo-azufre es 17-1-0-19. También se contemplan otras formulaciones con cantidades mayores o menores de nitrógeno, mayores cantidades de fósforo, mayores cantidades de potasio y/o mayores o menores cantidades de azufre.

En la Tabla 1 se enumera una composición típica de gránulos acumulados de fertilizante producida por los procesos descritos en este documento.

Tabla 1

Componente	Porcentaje en peso
Materia orgánica (incluyendo los compuestos de carbono y aminoácidos)	0,5 - 4,0
Nitrógeno (todas las formas)	13 - 20
Fósforo (P ₂ O ₅)	1 - 13
Potasio (K ₂ O)	0
Azufre	14 - 24
Hierro	0,5 - 3
Zinc	0,5 - 2

Las propiedades físicas de los gránulos acumulados de fertilizante producidos por los procesos descritos en este documento mejoran significativamente con respecto a otros tipos de fertilizantes, como se muestra en la Tabla 2. En particular, debe tenerse en cuenta que los gránulos acumulados de fertilizantes presentes tienen una humedad relativa crítica significativamente mayor que la de otros fertilizantes, y una absorción y penetración de la humedad que generalmente son más bajas, así como que no tienen tendencia a apelmazarse. Como resultado, los gránulos acumulados de fertilizante presentes pueden almacenarse incluso en un ambiente relativamente húmedo durante un período de tiempo sin degradación o apelmazamiento juntos. Además, el alto ORP de los gránulos acumulados del fertilizante presente significa que los gránulos acumulados están esencialmente libres de olor, y el potencial de combustión inexistente de los gránulos acumulados significa que no se calientan solos y no se quemarán cuando se los lleva el aire como polvo o cuando se almacenan en una pila, lo que hace que los gránulos acumulados del fertilizante presente sean excepcionalmente seguros en cuanto al almacenamiento y transporte.

Tabla 2

Propiedad	Gránulos acumulados del fertilizante presente	Urea granular	MAP (fosfato monoamónico) granular	DAP (fosfato diamónico) granular
Humedad relativa crítica (%)	80 - 85	70 - 75	70 - 75	65 - 75
Absorción de humedad (mg/cm ²)	41 - 144	350	90	175
Penetración de humedad (cm)	0,5 - 1,0	15	1,0	2,0
Fuerza de trituración del gránulo acumulado (kg)	2,0 - 2,6	1,5 - 3,5	2,0 - 3,0	3,0 - 5,0

Propiedad	Gránulos acumulados del fertilizante presente	Urea granular	MAP (fosfato monoamónico) granular	DAP (fosfato diamónico) granular
Integridad del gránulo acumulado (mojado)	Excelente	Razonable-Buena	Razonable-Buena	Razonable-Buena
Densidad a granel (kg/m ³)	825 - 875	720 - 820	900 - 1100	875 - 1100
Potencial de combustión	Ninguno	Ninguno	-	-
ORP (mV)	+350	-	-	-
Resistencia a la abrasión (degradación %)	0,86	1,3	-	-
Tendencia al apelmazamiento	Ninguna	-	-	-
Ángulo de reposo (°)	35,4	33	34 - 48	27 - 28
pH	5,9 – 6,5	-	-	-
Fluidez	175 - 280	5 - 17	-	-

Los gránulos acumulados de fertilizante producidos por el sistema y los procesos descritos en este documento son típicamente de composición sustancialmente uniforme, lo que significa que cada gránulo de fertilizante acumulado tiene esencialmente la misma cantidad y calidad de nitrógeno, fósforo y otros materiales que todos los demás gránulos acumulados. Además, un gránulo producido a partir de una fuente particular tendrá una composición casi idéntica, si no idéntica, a la de todos los demás gránulos acumulados producidos a partir de la misma fuente y procesados de la misma manera que el primer gránulo acumulado.

Una composición sustancialmente uniforme permite tasas de aplicación normalizadas del fertilizante. Actualmente, los fertilizantes comerciales son una mezcla de varios ingredientes N, P, K y numerosos micronutrientes. Estas mezclas tienen una segregación de nutrientes y generalmente no tienen una composición uniforme. En consecuencia, para obtener la cantidad deseada de cada ingrediente en un campo completo, se debe aplicar un fertilizante adicional, o el fertilizante se debe aplicar en patrones irregulares. La composición sustancialmente uniforme de los fertilizantes producidos a partir del extracto supera estos problemas.

El fertilizante granular resultante está libre de agentes patógenos y se ha mostrado que se han desactivado los compuestos emergentes de interés, tales como los disruptores endocrinos, los productos farmacéuticos y los antimicrobianos. El fertilizante granular resultante está sustancialmente libre de compuestos productores de azufre lo que comprende los sulfuros, disulfuros y mercaptanos.

Producción de muestras de fertilizante para las pruebas.

Se han producido muestras de fertilizantes con el propósito de probar las propiedades del fertilizante. Se obtuvieron lodos deshidratados de aguas residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (de Estados Unidos). El proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales incluía la deshidratación de lodos residuales con una prensa de filtro de banda. El lodo contenía de 15-16% de sólidos en peso, tenía una viscosidad superior a 1.000.000 cps, un ORP de menos de 1 y un pH de 5.

El lodo deshidratado se colocó en un recipiente y luego se extrajo del recipiente con una bomba de cavidad progresiva a una velocidad de 19 litros por minuto (5 galones por minuto). El lodo se bombeó a través de un mezclador estático en línea con un diámetro de 10 cm (4 pulgadas). Se añadieron en línea un 10% en peso de ácido sulfúrico al 93% y un 7,5% en peso de agua para formar un lodo acidificado. El lodo acidificado se pasó luego a través de un mezclador (por ejemplo, un mezclador estático en línea). Desde el segundo mezclador, los lodos acidificados se pasaron a un primer tanque de almacenamiento. El lodo acidificado se mezcló en el primer tanque de mezcla con un mezclador vertical para crear una mezcla de lodo fluido sustancialmente homogénea. El lodo sustancialmente homogéneo se pasó luego a un segundo tanque de almacenamiento. El lodo se agitó en el segundo tanque con un segundo mezclador vertical. La agitación en los dos tanques creó un extracto con un ORP de más de 300, un pH de 1,5, y una viscosidad de menos de 2.000 centipoises.

El extracto se bombeó a un reactor de tubo cruzado a una velocidad de 280 kg/hora. En el reactor de tubo cruzado, se agregaron ácido sulfúrico al 93% y amoníaco anhidro al extracto a velocidades de 140 kg/hora de ácido sulfúrico al 93% y 49 kg/hora de amoníaco anhidro, para formar una masa fundida de fertilizante. La masa fundida del fertilizante se pasó a través de una primera parte del reactor de tubo cruzado en 3,8 segundos a 98° C. La masa fundida de fertilizante se pasó a través de una segunda parte del reactor de tubo cruzado en 4,2 segundos a 128° C. Después del reactor de tubo cruzado, el material reaccionado se pasó a un granulador para formar gránulos acumulados. Se añadió amoníaco a una velocidad de 27 kg/hora a la masa fundida de fertilizante en el granulador. Se añadió a la masa fundida de fertilizante alumbre líquido a una velocidad de 6,5 kg/hora en el granulador. Se añadió entre el 27% y el 30% de sulfato de hierro a la masa fundida del fertilizante en el granulador. Los gránulos acumulados se secaron luego en un secador, que funcionó a 7 revoluciones por minuto. El material se pasó a un sistema inclinado mecánicamente

vibrado de doble plataforma con una pantalla de tamaño inferior que tenía una abertura de 2,36 mm. El material entre 2,36 mm y 4 mm fue almacenado. Todo el material de menor tamaño y de mayor tamaño se devolvió al granulador donde se mezcló nuevamente con el material fundido. Después se realizó un análisis físico y químico de los gránulos acumulados secos entre 2,36 mm y 4 mm.

5 Estabilidad del producto y olor.

Los problemas de olor con los fertilizantes orgánicos se crean comúnmente por la putrefacción del material orgánico lo que resulta en la generación de sustancias olorosas tales como mercaptanos, sulfuro de hidrógeno y alquilaminas terciarias. Las bacterias reductoras de sulfato que producen el olor del proceso de putrefacción generan olores cuando su potencial de reducción de la oxidación (ORP) cae por debajo de -200 mV. Las pruebas han demostrado que los fertilizantes producidos utilizando un extracto como se describe en este documento son homogeneizados, hidrolizados y esterilizados, y tienen un ORP de 350 mV. Con este valor de ORP, no hay preocupación con respecto a la putrefacción del fertilizante granular resultante. No hay compuestos que produzcan olores, y el fertilizante es térmicamente estable, lo que significa que no sufrirá un evento de calentamiento ni producirá olores. El fertilizante tiene un contenido de sólidos del 98% que excede la norma US EPA 503 que requiere un contenido mínimo de sólidos del 90% para ser clasificado como estable.

Combustibilidad.

La capacidad de combustión de la nube de polvo del fertilizante granular producido por los procesos descritos en este documento fue determinada por un laboratorio de investigación de combustión (Kidde-Fenwal Combustion Center, Ashland, MA). La clasificación de un polvo como combustible o no combustible depende de si la nube de polvo dispersada es capaz de sostener una deflagración suficiente para causar un aumento en la presión de 1 bar (14,5 psi). Las pruebas se llevan a cabo en un vaso de ensayo esférico Kuhner de 20 l. Los polvos que no son combustibles a una concentración inicial de 500 g/m³ se vuelven a probar a 1.000 g/m³ y 2.000 g/m³. El material se clasifica como combustible si la presión de explosión, corregida por los efectos del encendedor, es mayor de 1,0 bar (14,5 psi). Cuando el aumento de presión de explosión observado es menor a 1 bar en todas las concentraciones de prueba, el polvo se clasifica como no combustible.

El polvo de fertilizante granulado del fertilizante granular producido por los procesos descritos en este documento se clasificó como no combustible en concentraciones de 500, 1.000 y 2.000 g/m³. El fertilizante es esencialmente no combustible en una prueba de combustibilidad de la nube de polvo realizada según el Método de prueba estándar ASTM E1226. En contraste, tres muestras de lodo seco peletizado se clasificaron como combustibles a concentraciones de polvo de 500 g/m³. Además, las pruebas que sometieron las muestras de fertilizante a temperaturas de 140° C mostraron que el fertilizante no se enciende espontáneamente o se "autocalienta" (es decir, no se eleva 60° C por encima de la temperatura del horno en 24 horas).

Metales pesados.

El proceso descrito en este documento controla el contenido de metales en el fertilizante granular resultante debido a que cualquier metal pesado presente en el lodo deshidratado inicial se diluye mediante la adición de ácido, base y productos químicos de acondicionamiento (por ejemplo, se mezclan 140 toneladas métricas de sólidos de lodos de aguas residuales secos con aproximadamente 800 toneladas secas de sulfato de amonio para producir 1,000 toneladas métricas secas de fertilizante granular). Por lo tanto, hay una reducción de siete veces la concentración de metales en el fertilizante granular en comparación con los metales observados en los residuos de aguas residuales domésticas originales. Como puede verse en la Tabla 3, el contenido de metales del fertilizante granular está por debajo del criterio de la prueba United States Federal Soils Screening Test (SST) de los Estados Unidos para suelos residenciales (no contaminados), que es un orden de magnitud más estricto que las directrices de EPA 503. Además, el fertilizante granular pasa los criterios alimentarios de la Association of American Plant Control Officials (AAPFCO), y puede cumplir incluso con el ajuste de la mezcla del contenido de sólidos secos de aguas en cuanto al contenido de sulfato de amonio, el fertilizante granular resultante incluso puede cumplir los criterios más estrictos de Europa y de alrededor del mundo.

Tabla 3

Me- tal	Gránulos acumulados del fertilizante presente	AAPFCO	AAPFCO	SST (EE UU)	EPA Parte 503	Alemania	España	Reino Unido	Dinamarca
As	3,29	13	78	12	41				
Cd	1,6	10	60	3,4	39	1,5	1	3	0,5
Cr	8,82			23	1200	100	100	400	30
Cu	46,5			310	1500	60	50	135	40
Pb	7,42	61	366	100	300	100	50	300	40

Hg	0,14	1	6	2,3	17	1	1	1	0,5
Mo	2,51	42	252						
Ni	10,0	250	1500	16	420	50	30	75	15
Se	1,62	26	156	20	36				
Zn	107	420	2520	2300	2800	200	150	200	100

Incubación.

Las pruebas de campo de incubación se realizaron en el suelo de Greenville y los resultados se muestran en las FIGs.3A y 3B. Como se muestra en la FIG. 3A, los fertilizantes producidos por los procesos descritos en este documento ("biofertilizante" y "biofertilizante + Fe") muestran una tasa muy similar de conversión de amoníaco a nitrato a la de un fertilizante de referencia y sulfato de amonio, y solo una conversión ligeramente más lenta que la urea.

Volatilización.

Algunos fertilizantes actuales utilizan la urea como fuente de nitrógeno. Estos fertilizantes a base de urea tienen problemas significativos con la lixiviación y la volatilización. La urea lixivia hasta el 30% de su nitrógeno a través de la zona radicular y volatiliza hasta el 30% de su nitrógeno a través de la zona radicular. Como resultado, el nitrógeno que no está disponible para las raíces de las plantas debe compensarse agregando más fertilizante, lo que puede ser costoso y contaminar el medio ambiente. Los fertilizantes producidos a partir del extracto homogéneo descrito en este documento superan estos problemas al depender de materiales de desecho orgánicos reciclados sin la necesidad de complementar el fertilizante con urea.

Las pruebas de campo de volatilización se realizaron en suelos de Guthrie y Sumter, tanto en condiciones de tierras altas como de inundadas, y los resultados se muestran en las FIGs. 4A a 4D. La FIG. 4A muestra que la pérdida de volatilización de amoníaco acumulativa en el suelo de las tierras altas de Guthrie para los fertilizantes producidos por los procesos descritos en este documento ("biofertilizante" y "biofertilizante + Fe") fue casi idéntica a la del sulfato de amonio y significativamente menor que la de la urea. Específicamente, las pérdidas de volatilización de amoníaco a partir de la urea fueron de hasta el 33%, mientras que las pérdidas por volatilización de los fertilizantes presentes fueron solamente de alrededor del 2%. Este resultado puede proporcionar un beneficio significativo de secuestro de carbono cuando se usan los fertilizantes actuales, e incluso puede ofrecer una oportunidad de crédito de carbono.

La FIG. 4C muestra, cualitativamente, un resultado casi idéntico para las tierras inundadas de Guthrie. La FIG. 4B muestra un resultado similar para las tierras altas de Sumter con los fertilizantes presentes incluso superando al sulfato de amonio. La FIG. 4D muestra que en las tierras inundadas de Sumter, el fertilizante presente funcionó casi tan bien como la urea, y algo mejor que el sulfato de amonio.

Lixiviación.

Las pruebas de campo de lixiviación se realizaron en el suelo de Greenville y en la arena de Lakeland, y los resultados se muestran en las FIGs. 5A y 5B. En el suelo de Greenville, como se muestra en la FIG. 5A, los fertilizantes presentes mostraron bajas pérdidas de lixiviación, comparables a las del sulfato de amonio y mucho más bajas que las de la urea. En la arena de Lakeland, los resultados fueron aún más dramáticos, ya que los fertilizantes presentes no mostraron casi pérdidas de lixiviación (comparables al sulfato de amonio), mucho menos que lo observado con la urea.

En resumen, entre la lixiviación y la volatilización, la diferencia en la pérdida de nitrógeno entre el fertilizante granular descrito en este documento y la urea es dramática. Por ejemplo, en los suelos de tierras altas de Guthrie/Greenville, la urea perdió el 33% de su nitrógeno debido a la volatilización y el 41% a la lixiviación, lo que representa una pérdida total del 74%. En comparación, el fertilizante granular actual perdió solo el 2% de su nitrógeno a la volatilización y el 13% a la lixiviación, con una pérdida total del 15%. Por lo tanto, se dispone de 3,5 veces más nitrógeno a partir del fertilizante granular presente en comparación con la urea, de modo que se pueden usar 3,5 veces menos fertilizante para lograr el mismo suministro de nitrógeno a los cultivos.

De manera similar, en los suelos inundados de Guthrie/Greenville, la urea perdió el 57% de su nitrógeno debido a la volatilización y el 19% a la lixiviación, con una pérdida total del 76%. En comparación, el fertilizante granular presente perdió solo el 21% de su nitrógeno debido a la volatilización y el 15% a la lixiviación, con una pérdida total del 36%. Por lo tanto, 2,7 veces más nitrógeno está disponible en el fertilizante granular presente en comparación con la urea.

Para la arena de las tierras altas de Lakeland, la urea perdió el 86% de su nitrógeno, esencialmente todo por lixiviación, mientras que el fertilizante granular actual perdió solo el 4% de su nitrógeno. Por lo tanto, casi 7 veces más nitrógeno está disponible en el fertilizante granular actual en comparación con la urea.

Productividad de los cultivos.

El fertilizante puede ser aplicado al suelo para los granos, cultivos forrajeros, césped, hortalizas, cítricos, árboles frutales, cultivos boscosos, cultivos en hilera, nueces, horticultura, plantas ornamentales, cultivos de invernadero, aceites (por ejemplo, de soja, canola) y así sucesivamente sin monitorización continua ni de información a las agencias federales o estatales. El fertilizante puede aplicarse directamente a la tierra o mezclarse con otros fertilizantes.

5 Cuando se aplica a los campos de cultivo, la calidad del cultivo aumenta en comparación con los fertilizantes históricos. Por ejemplo, cuando el fertilizante hecho a partir de los procesos descritos en este documento se usa en lugar de otros fertilizantes, mayores cantidades de azúcar están presentes en los cultivos de cítricos, mayores cantidades de proteínas están presentes en los productos de forraje y mayores cantidades de almidón en el maíz. Además del
10 anteriormente aplicados a ellos, producen una mayor cantidad de cultivos por unidad de área. La calidad y cantidad mejoradas de los cultivos pueden atribuirse a al menos la naturaleza sustancialmente uniforme del fertilizante que permite una aplicación uniforme, una lixiviación limitada de nitrógeno y/o una volatilización limitada de nitrógeno, y un mayor contenido orgánico.

15 Las FIGs. 6A y 6B muestran que el aumento en el peso del grano y la recuperación del grano para el arroz trasplantado fue mayor utilizando el fertilizante granular presente que usando la urea y otros dos productos de la competencia.

Las FIGs. 7A, 7B y 7C muestran ganancias similares en el rendimiento del grano de trigo con el fertilizante granular presente que iguala o supera a los que usan urea y otros productos de la competencia.

20 El fertilizante granular también se ha utilizado en cultivos de cítricos (naranjas) en California y Tejas con resultados positivos. Usando múltiples réplicas, se trataron naranjos en una granja en el sur de California con el fertilizante granular o urea a una tasa de aplicación de 1,5 libras de fertilizante (como se recibió) por árbol. Es decir, el fertilizante granular presente se aplicó a una tasa de 0,255 libras de N por árbol, mientras que la urea se aplicó a una tasa de 0,69 libras por árbol. El fertilizante granular presentes se lixivió y volatilizó menos que la urea. Los resultados se registraron 126 días después del tratamiento con fertilizante y, como se muestra en la Tabla 4, el fertilizante granular
25 presente produjo una maduración más rápida de la fruta y un aumento del 27% en el jugo, un aumento del 17% en la pulpa y un aumento del 4,5% en el azúcar (BRIX).

Tabla 4

Tratamiento	Clorofila	Peso (g)	Jugo (ml)	BRIX (azúcar)
Abono granular presente	53	193	46,4	9,2
Urea	51	165	36,5	8,8

30 El fertilizante granular se probó en césped de Bermuda (haymeadow) frente a NPK Triple 17, y los resultados se muestran en la Tabla 5. Los fertilizantes se aplicaron (tal como se recibieron) a una tasa de 200 libras/acre. El fertilizante granular presente produjo un 6% más de materia seca total que el control de NPK, y el porcentaje de proteína bruta aumentó de un promedio de 15,2% para el control de NPK a un promedio de 19,6% para los gránulos acumulados del fertilizante presente, para una mejora del 28,9%. Los nutrientes digeribles totales (Total Digestible Nutrients, TDN) aumentaron de 64,8 a 79,7, un aumento de TDN del 23% con el fertilizante granular presente.

Tabla 5

Tratamiento	Rendimiento de materia seca	Proteína bruta %
Abono granular presente	3086	19,6
NOK 17/17/17	2903	15,2

35

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para convertir un lodo heterogéneo deshidratado que contiene materiales de desecho orgánicos en un extracto homogéneo de carbono y aminoácidos para ser utilizado en un proceso de producción de reactor de tubo de fertilizante granulado, el proceso de conversión comprende:
 - 5 bombear un lodo deshidratado heterogéneo que incluye de 13% a 45% de sólidos;

agregar ácido sulfúrico al lodo en una cantidad suficiente para causar que el pH de la mezcla resultante sea menor de 1;

bombear la mezcla a través de al menos un mezclador de mezcla estática en línea para mezclar el lodo con el ácido sulfúrico para reducir la viscosidad de la mezcla a menos de aproximadamente 5.000 centipoises;
 - 10 agregar productos químicos acondicionadores a la mezcla para causar que el extracto creado tenga un potencial de reducción de oxidación mayor de 250 mV;

bombear la mezcla a través de al menos un mezclador de cizallamiento estático en línea para mezclar los productos químicos de acondicionamiento en la mezcla, esterilizar sustancialmente la mezcla de patógenos y eliminar sustancialmente grumos en la mezcla; y
 - 15 agitar mecánicamente la mezcla durante un tiempo de envejecimiento para crear el extracto homogéneo.
 2. El proceso de conversión de la reivindicación 1, en donde el extracto tiene un potencial de reducción de oxidación superior a 300 mV.
 3. El proceso de conversión de la reivindicación 1, en donde el ácido sulfúrico se agrega al lodo a de 5% a 15% en peso, y en donde el ácido sulfúrico tiene un grado de al menos 93%.
 - 20 4. El proceso de conversión de la reivindicación 1, que comprende además:

monitorizar la temperatura de la mezcla corriente abajo del mezclador de mezcla estática y ajustar la cantidad de ácido sulfúrico para lograr una temperatura de al menos 130° C.
 5. El proceso de conversión de la reivindicación 1, en donde los productos químicos de acondicionamiento se seleccionan del grupo que consiste en ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido acético, ácido peracético, peróxido de hidrógeno, sulfato férrico, sulfato ferroso, mineral de hierro, sulfato de aluminio, sulfato de zinc, roca de fosfato molida, boro, molibdeno, cobre, y combinaciones de los mismos.
 - 25 6. El proceso de conversión de la reivindicación 1, que además comprende:

monitorizar la temperatura, pH, ORP y viscosidad de la mezcla corriente abajo del mezclador de cizallamiento estático y ajustar la velocidad de adición de ácido sulfúrico para lograr los valores deseados de temperatura, pH, ORP, y viscosidad.
 - 30 7. El proceso de conversión de la reivindicación 1, en donde la cantidad de ácido sulfúrico es suficiente para hacer que el pH de la mezcla resultante sea menor o igual a 1,0.
 8. El proceso de conversión de la reivindicación 1, en donde el tiempo de envejecimiento es de 12 horas a 72 horas.
 - 35 9. Un sistema de conversión de lodos para convertir un lodo heterogéneo que contiene materiales de desecho orgánicos en un extracto homogéneo de carbono y aminoácidos para ser utilizado en un sistema de producción de fertilizante granulado de reactor de tubo, el sistema de conversión comprende:

una bomba de desplazamiento positivo configurada para bombear lodos deshidratados que incluyen de 13% a 45% de sólidos;
 - 40 al menos un mezclador de mezcla estática en línea configurado para recibir los lodos de la bomba y mezclar los lodos con ácido sulfúrico para reducir el pH de la mezcla resultante a menos de 1 y la viscosidad de la mezcla resultante a menos de 5,000 centipoises;

al menos un mezclador de cizallamiento estático en línea configurado para recibir la mezcla del mezclador estático y mezclar la mezcla con productos químicos acondicionadores, para causar un potencial de reducción de oxidación mayor de 250 mV, para sustancialmente esterilizar la mezcla de patógenos, y para eliminar sustancialmente grumos en la mezcla;
 - 45

un sensor de proceso configurado para medir el potencial de reducción de oxidación corriente abajo del mezclador de cizallamiento estático en línea;

5 un tanque de envejecimiento configurado para recibir la mezcla del mezclador de cizallamiento estático en línea y agitar la mezcla para mantener la homogeneidad de la mezcla mientras la mezcla se envejece para convertirse en el extracto; y

una bomba de transferencia configurada para entregar el extracto del tanque de envejecimiento a un sistema de producción de fertilizante.

10. El sistema de conversión de la reivindicación 9, en donde la bomba de desplazamiento positivo se selecciona del grupo que consiste en una bomba de pistón, una bomba de cavidad progresiva y combinaciones de las mismas.

10 11. El sistema de conversión de la reivindicación 9, que comprende además un sensor de temperatura configurado para medir la temperatura de la mezcla corriente abajo del mezclador de mezcla estática en línea.

12. El sistema de conversión de la reivindicación 9, que comprende además un sensor de proceso configurado para medir una o más de la temperatura, pH, y viscosidad de la mezcla corriente abajo del mezclador de cizallamiento estático en línea.

15

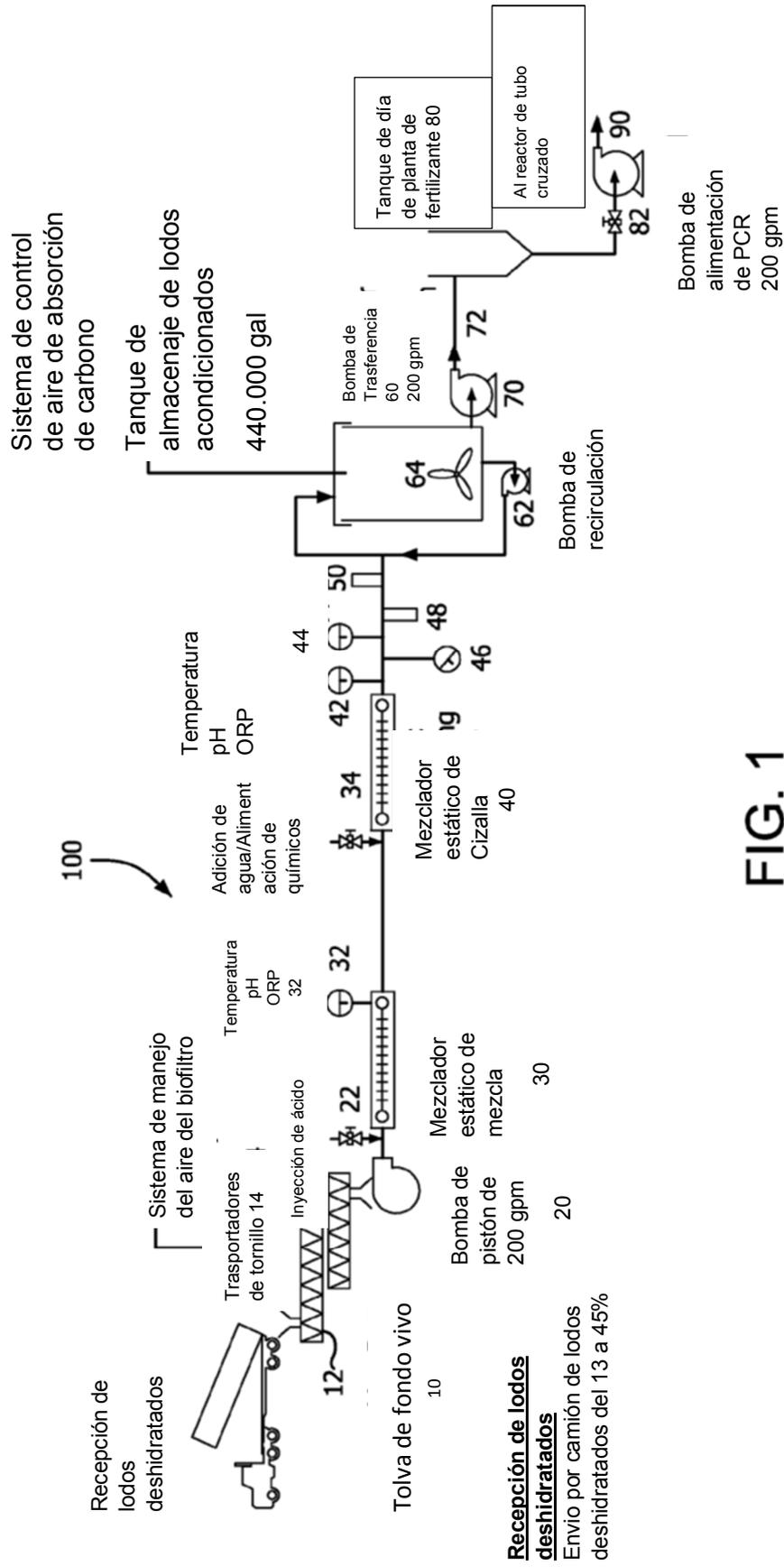


FIG. 1

Recepción de lodos deshidratados
 Envío por camión de lodos deshidratados del 13 a 45%

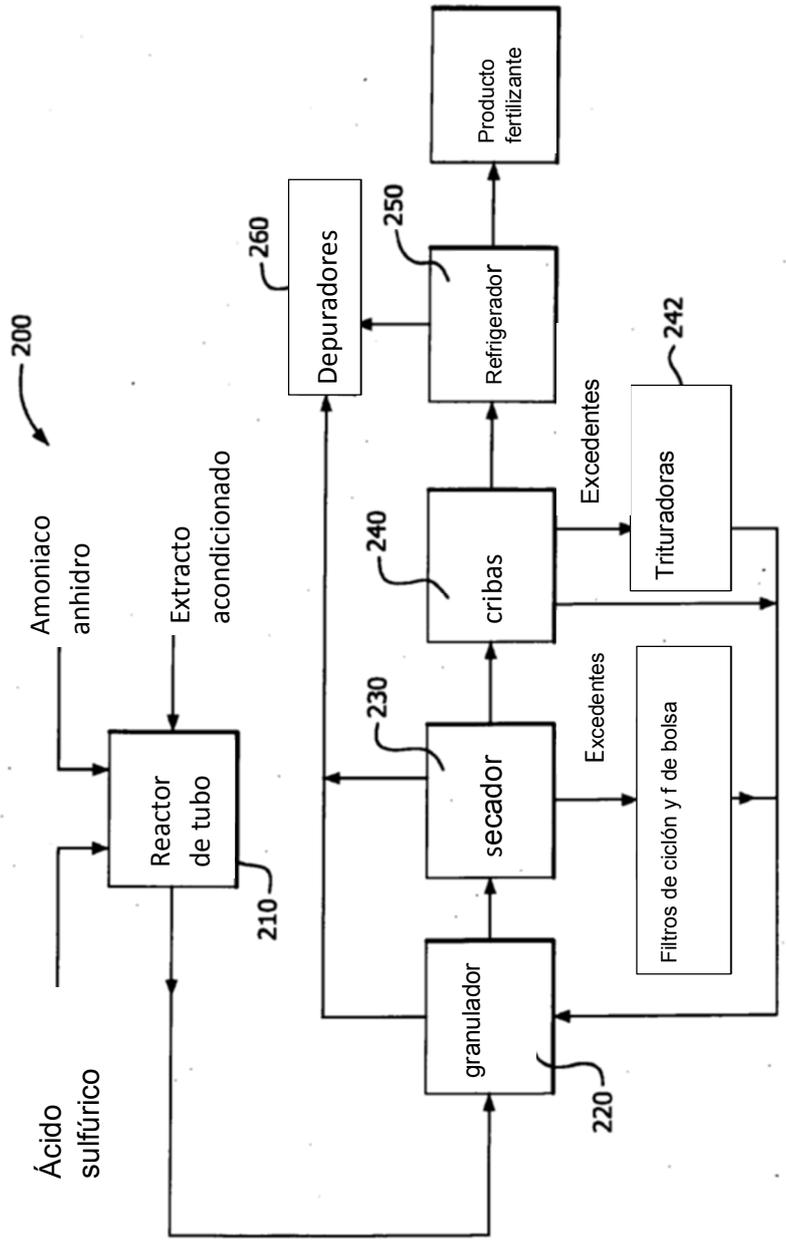


FIG. 2

Reciclar finos y polvo

Incubación en suelo de Greenville

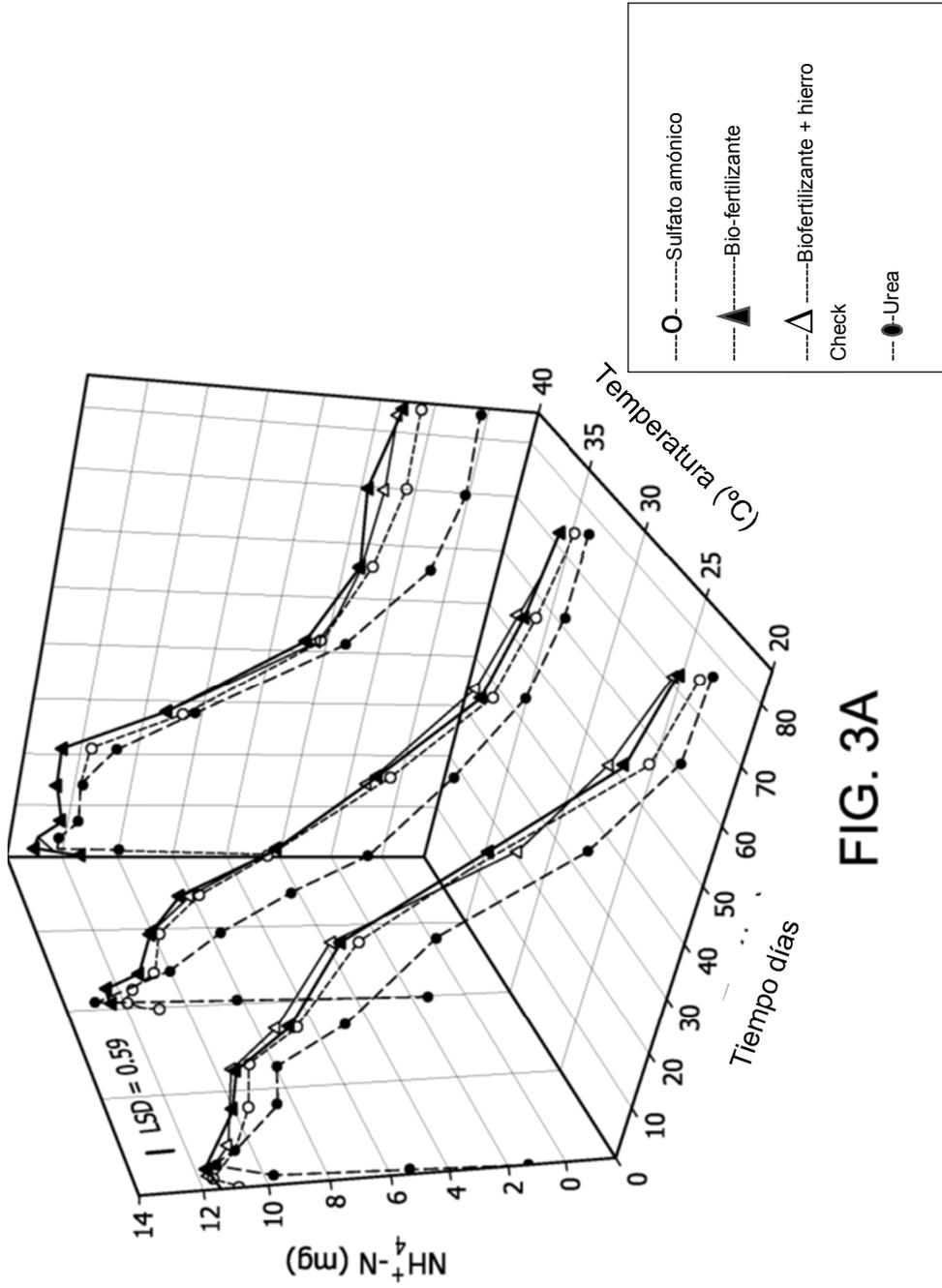


FIG. 3A

Incubación en suelo de Greenville

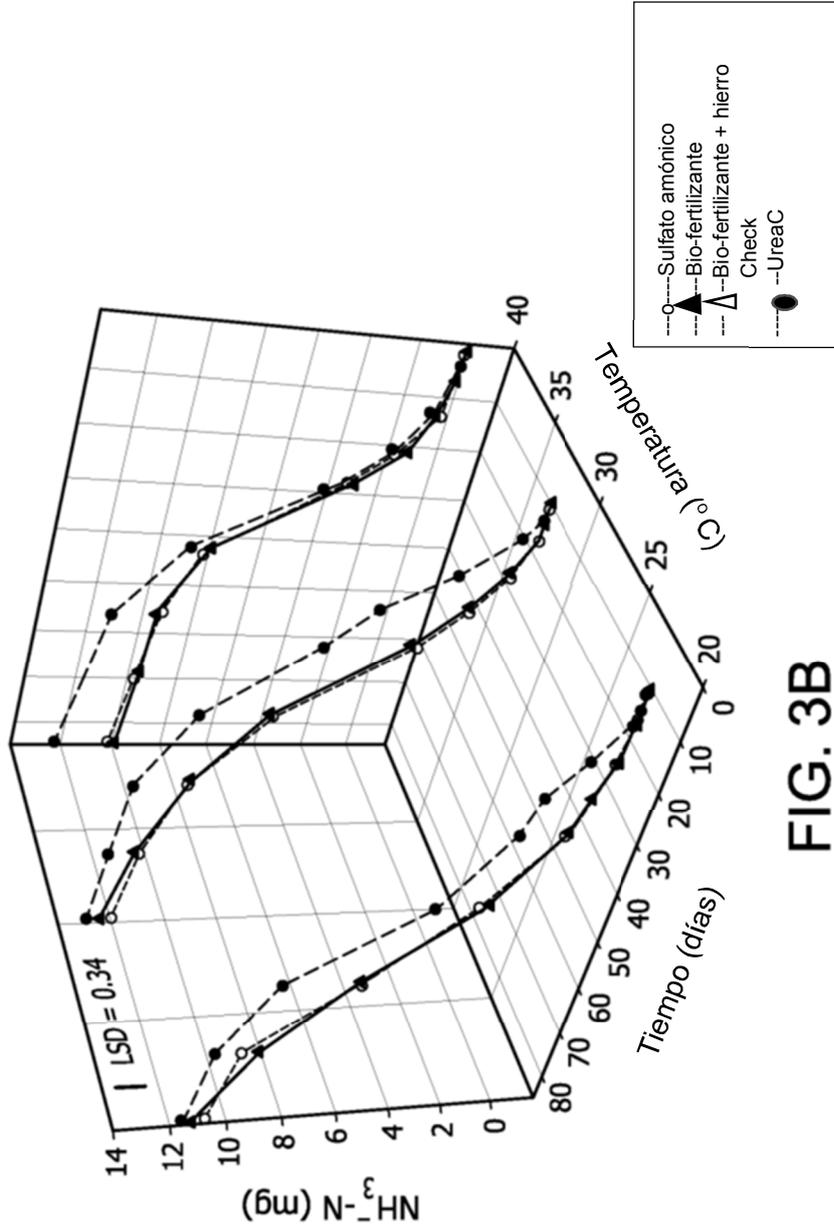


FIG. 3B

Pérdida acumulada por volatilización del amoniaco del suelo de tierra alta de Gutrie

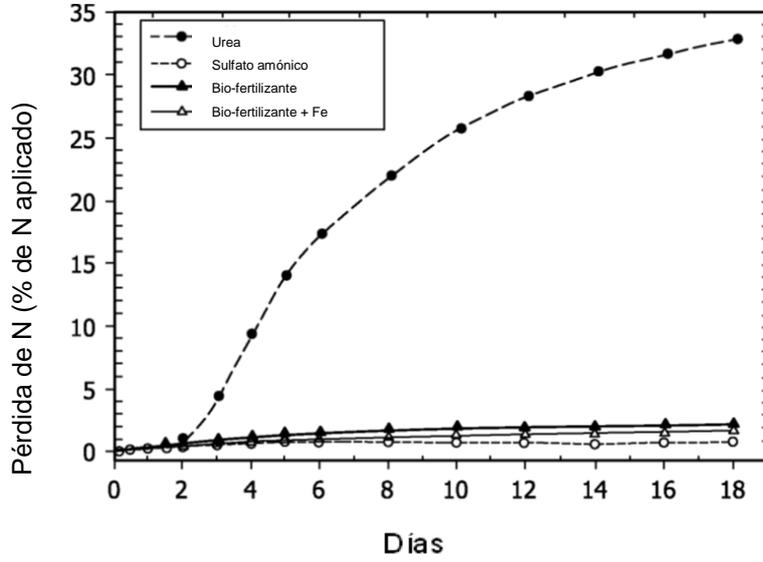


FIG. 4A

Pérdida acumulada por volatilización del amoniaco de suelo de tierra alta de Sumter

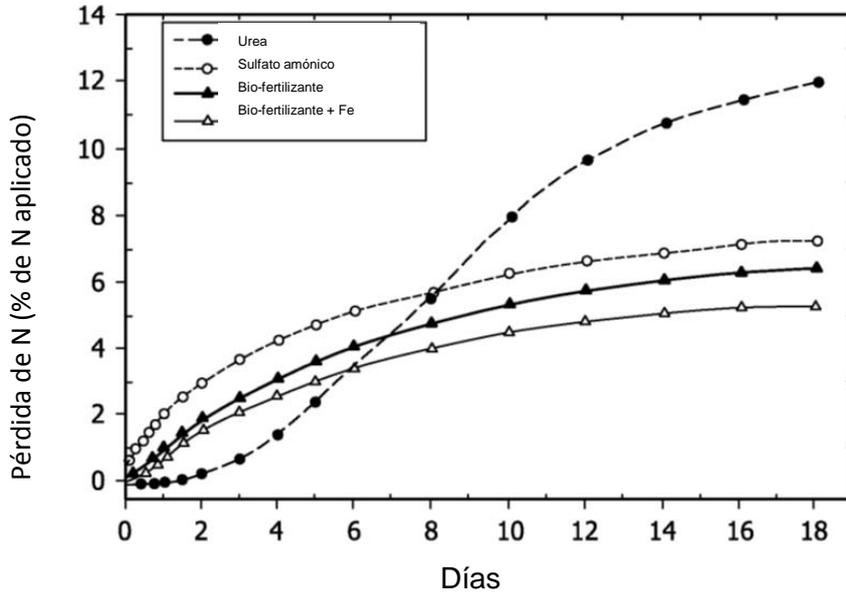


FIG. 4B

Pérdida por volatilización
Suelos inundados

Pérdida acumulada por volatilización del amoniaco de suelo inundado de Gutrie

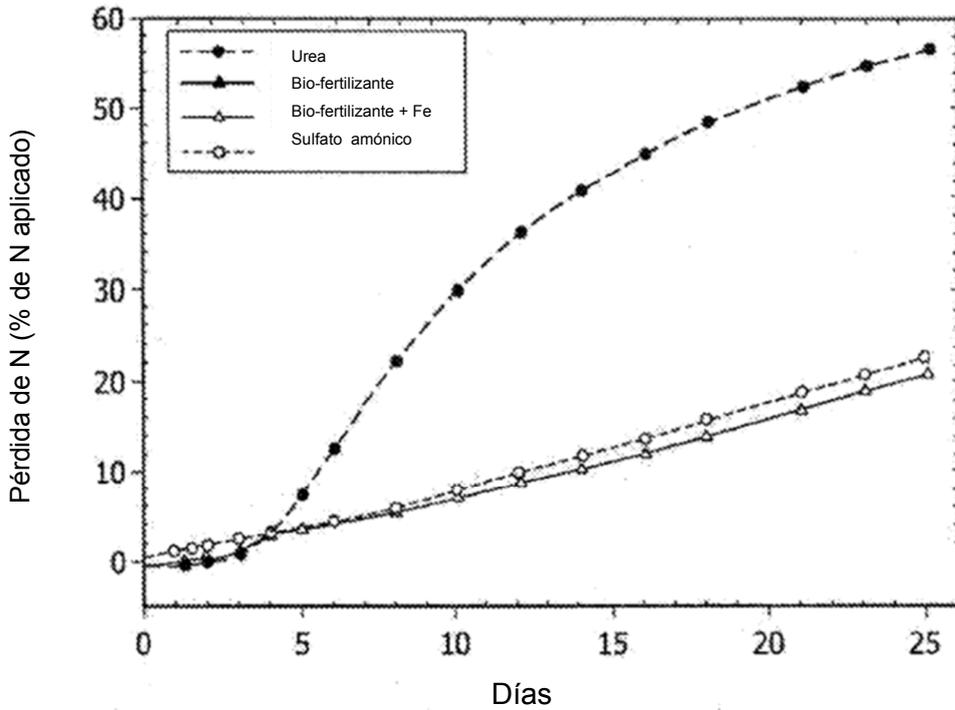


FIG. 4C

Pérdida acumulada por volatilización del amoniaco de suelo inundado de Sumter

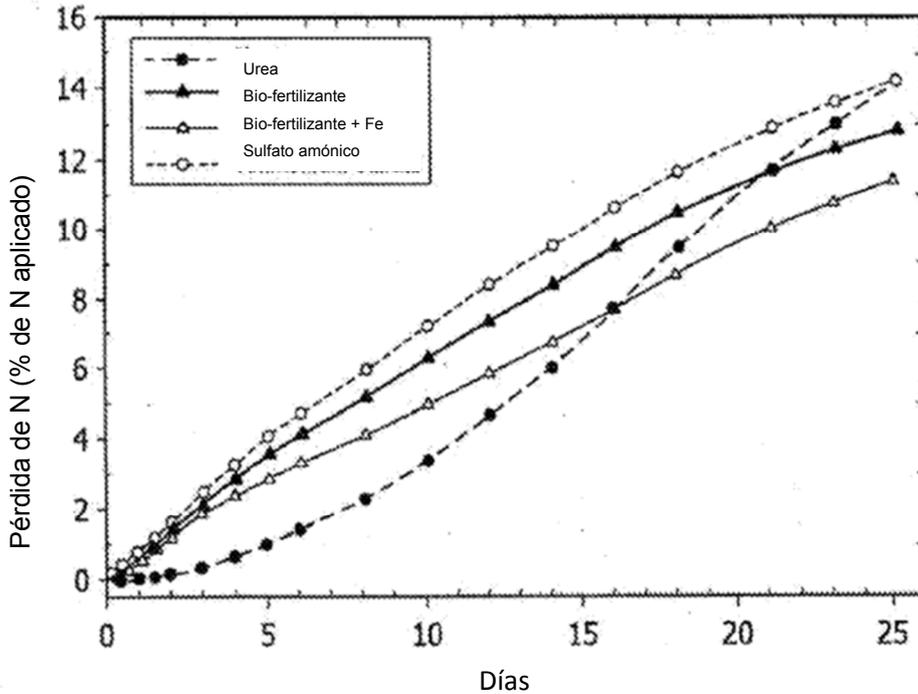


FIG. 4D

Lixiviación de nitrógeno de suelo de Greenville como porcentaje de N aplicado-WR1

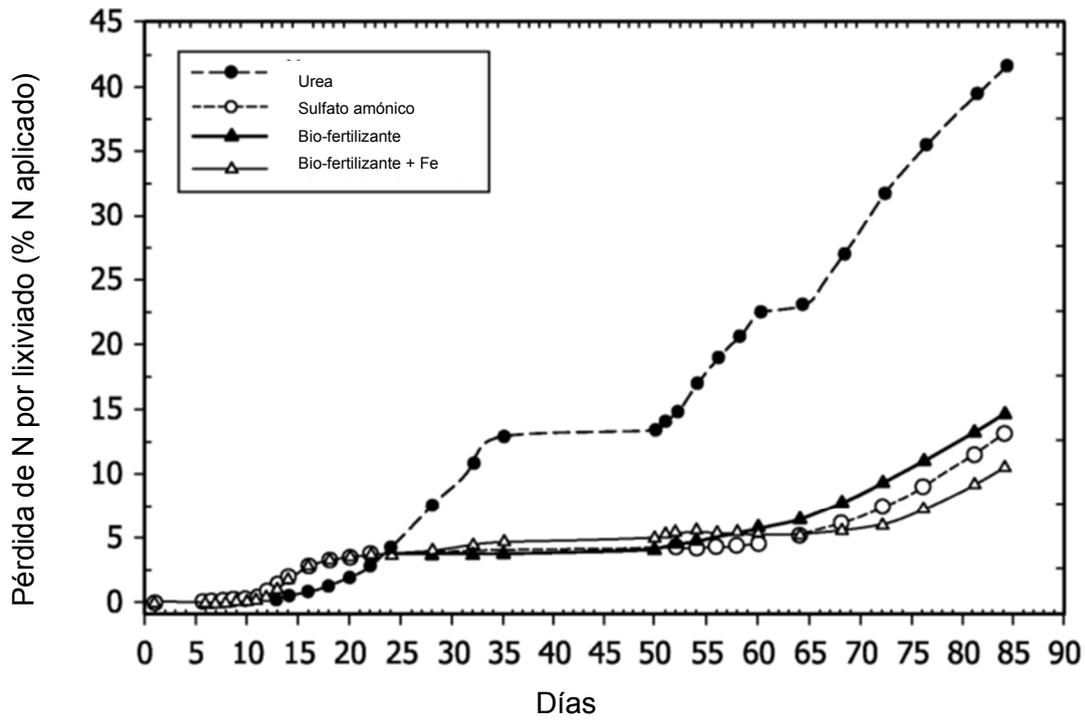


FIG. 5A

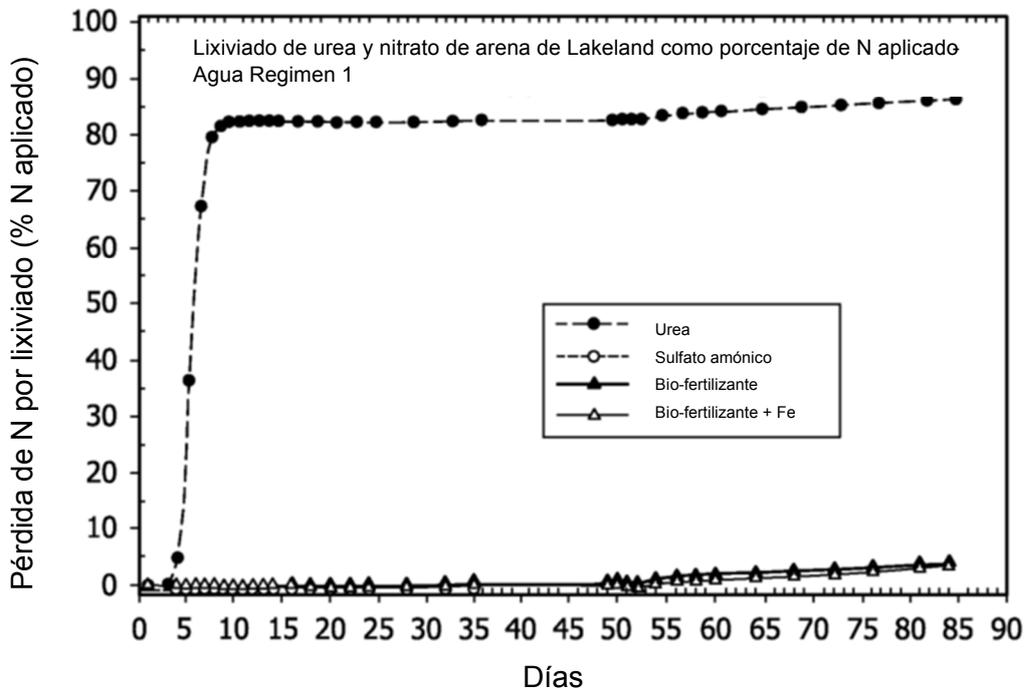


FIG. 5B

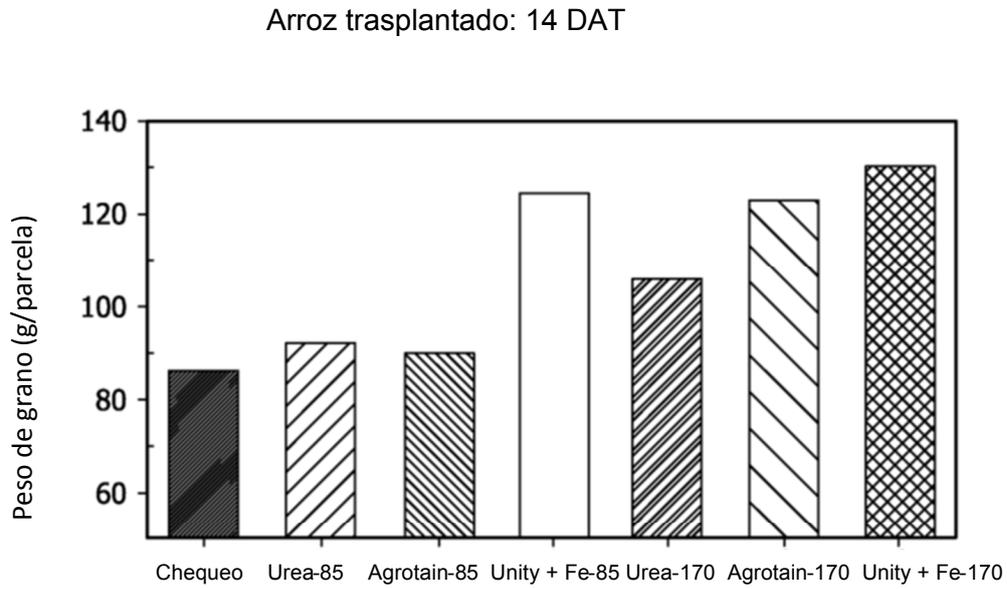


FIG. 6A

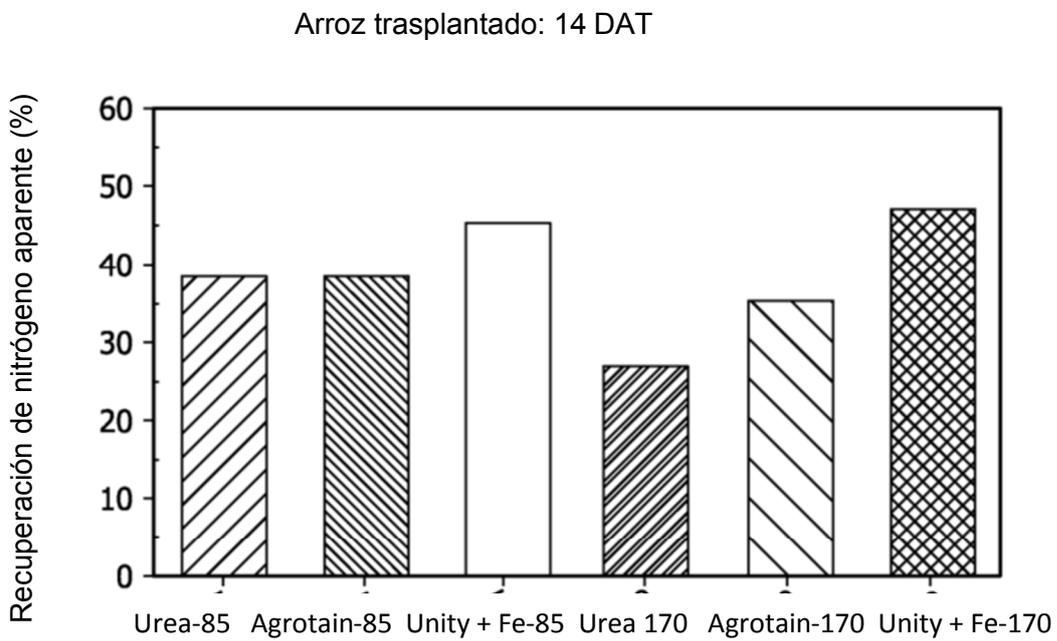


FIG. 6B

Respuesta del trigo a la unidad NS más Fe y urea

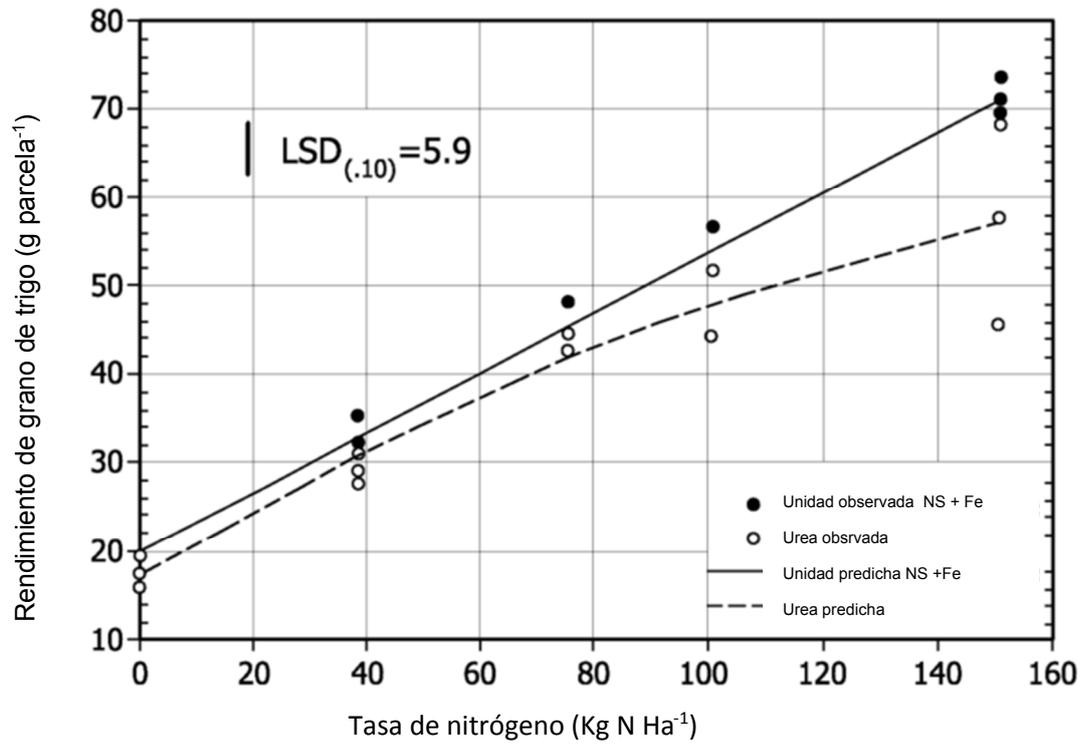


FIG. 7A

Comparación del rendimiento de trigo con Unity NS Plus,
Nitrató ámonico y Agrotain

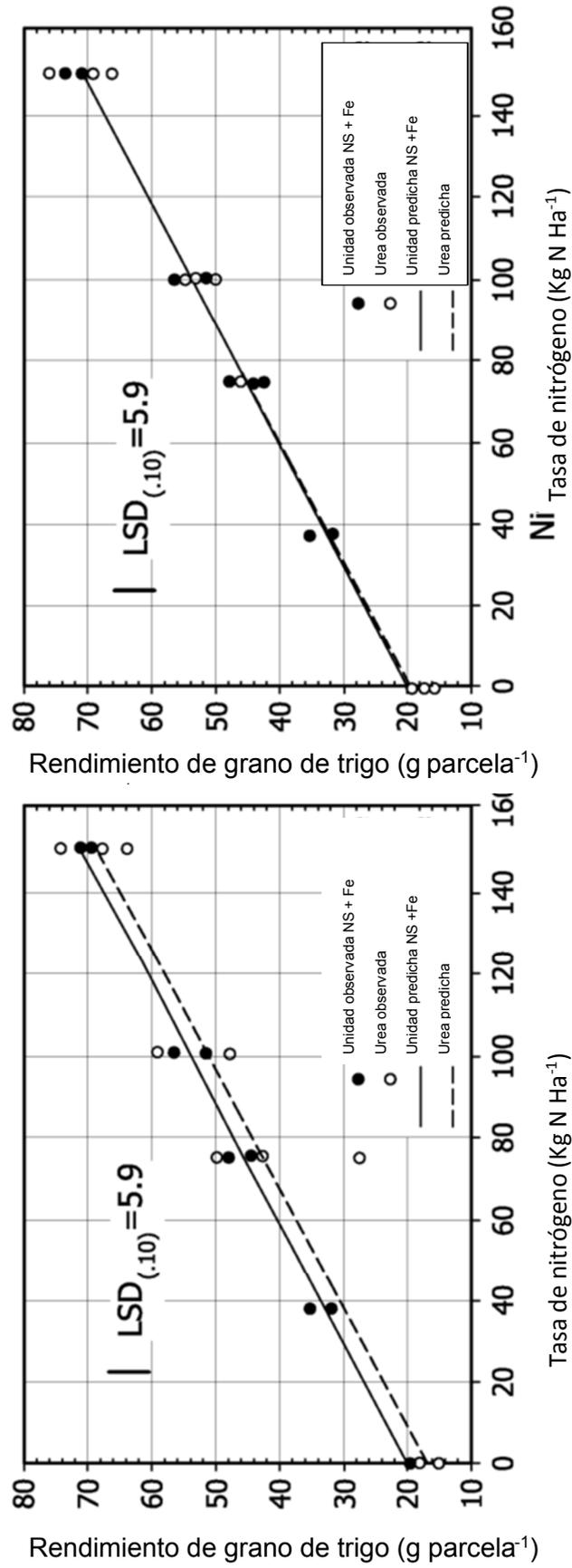


FIG. 7B

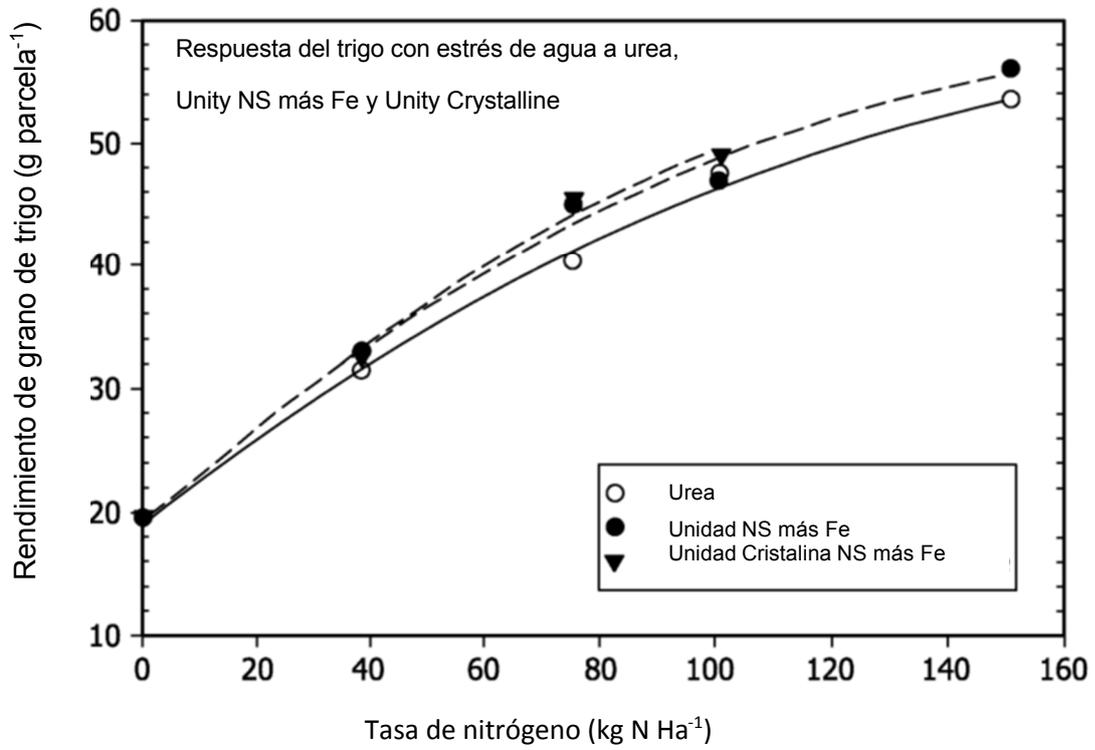


FIG. 7C