(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 634 553**

(51) Int. CI.:

A01N 25/12 (2006.01)
A01N 25/30 (2006.01)
A01N 59/02 (2006.01)
A01P 3/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2011 PCT/NL2011/050713**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12053894**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2011 E 11773918 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2629606**

(54) Título: **Formulaciones de bioazufre novedosas**

(30) Prioridad:

18.10.2010 EP 10187939

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.09.2017

(73) Titular/es:

CERADIS B.V. (100.0%)
Agro Business Park 10
6708 PW Wageningen, NL

(72) Inventor/es:

VAN DER KRIEKEN, WILHELMUS MARIA y
RUTTEN, WILHELMUS BERNARDUS ALBERTUS HENDRIKUS

(74) Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

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

Formulaciones de bioazufre novedosas

Campo: La presente invención divulga técnicas de formulaciones para pesticidas en base a componentes de azufre derivados de plantas de desulfuración biológica.

La producción agrícola mundial está bajo amenaza permanente de numerosos insectos, ácaros, hongos fitopatógenos y bacterias. Para la protección del rendimiento y la calidad de los productos y para evitar pérdidas económicas, la aplicación de agentes que controlan las enfermedades de las plantas es un requisito absoluto. Aunque generalmente se reconoce la necesidad de pesticidas, existe una continua preocupación pública por el impacto negativo de los pesticidas en el medio ambiente y en la salud humana. Como una consecuencia, las demandas con respecto a la sostenibilidad del control químico de plagas están aumentando continuamente.

Uno de los principios activos más antiguos de los fungicidas, que todavía se usa ampliamente, es el azufre. El azufre, en su forma elemental (S0), se usa a gran escala contra diversos hongos patógenos vegetales, por ejemplo Venturia inequalis, la causa de la costra en la manzana y Uncinula necator, la causa del oídio en la vid, pero también contra los ácaros e insectos. Se considera un ingrediente pesticida con un impacto muy bajo en el ambiente, aunque puede causar irritación de la piel, ojos y pulmón en los usuarios. El azufre es uno de los pocos compuestos que se permiten como pesticidas en la agricultura orgánica.

La producción mundial de azufre fue de 64,000,000 de toneladas métricas en 2005, en gran medida como subproducto de la desulfuración del gas natural y el petróleo (US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, enero de 2006). El procedimiento más importante para la desulfuración es el procedimiento de Claus, que incluye un paso de oxidación del sulfuro de hidrógeno (H2S) a dióxido de azufre (SO2) y una reacción catalizada de H2S con SO2 para formar azufre elemental (S0) (Schreiner, B. 2008. Chemie in unserer Zeit 42: 378). El procedimiento de Claus requiere altas temperaturas y presión, y es rentable en su mayoría para plantas a gran escala (Cline et al. 2003. Biological process for H2S removal from gas streams: The Shell-Paques/THIOPAQ™ gas desulfurization process, LRGCC 2003 Conference Proceedings, 1-17). El diámetro de partícula del azufre de Claus es importante para la eficacia del producto como un pesticida en los cultivos. Las partículas con un diámetro entre 1 y 8 mm son óptimas, las partículas con un diámetro mayor son mucho menos tóxicas para los hongos, y las partículas inferiores a 1 mm pueden causar fácilmente efectos fitotóxicos como la clorosis y la necrosis (Emmett et al., 2003. "Sulphur formulations, particle size and activity – a review" en "Strategic Use of Sulphur in Integrated Pest and Disease Management (IPM) Programs for Grapevines". Reporte final para GWRDC; El reporte está disponible en el South Australian Research and Development Institute, http://www.sardi. sa.gov.au, en http://www.sardi.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0018/46620/sulphur_report.p df).

Los fungicidas de azufre se formulan generalmente como polvos humectables o gránulos dispersables en agua. Estos tipos de formulación tienen varios inconvenientes importantes en la producción y el uso. En primer lugar, las formulaciones en polvo humectables con azufre son polvorientas y representan un riesgo para el usuario, principalmente debido a la irritación de los ojos, el riesgo de inhalación y la irritación de la piel (Elders, Top Wettable Sulphur, Material Safety Data Sheet). Los plaguicidas de azufre granulado (formulación de gránulos dispersables en agua) son menos polvorientos que las formulaciones en polvo humectables y presentan un riesgo reducido para el usuario (en comparación con las formulaciones en polvo humectables). Sin embargo, para producir gránulos, se requiere una cantidad relativamente alta de energía que añade significativamente a los costos del procedimiento de producción.

El tipo de producto óptimo, en términos de bajos costos de producción y seguridad del usuario, sería una formulación líquida tal como un concentrado en suspensión (SC). Sin embargo, usando el azufre Claus, es difícil conseguir las características de formulación deseadas para un concentrado en suspensión, tal como la estabilidad de almacenamiento y la capacidad de verter el líquido. Un problema generalmente conocido de formulaciones de concentrado de suspensión de azufre Claus en base a agua es que, durante el almacenamiento, el sedimento en el recipiente tiende a formar una capa coalescente que no puede volver a suspenderse incluso cuando el recipiente se agita vigorosamente. También, se pueden formar grupos de partículas de azufre que bloquean las boquillas de atomización. Se observa que la composición fungicida "azufre de cal", que se vende comúnmente en formulación líquida, no contiene azufre elemental (S^0), sino que es una mezcla de polisulfuros de calcio formados haciendo reaccionar hidróxido de calcio con azufre.

Hay una clara necesidad de formular una composición acuosa que comprende azufre elemental que tiene características de almacenamiento y vertido mejoradas en comparación con composiciones que comprenden azufre elemental que son conocidas en la técnica. Dicha composición se usa preferiblemente en la agricultura como pesticida, que incluyen fungicida e insecticida, o como un fertilizante.

La presente invención proporciona una suspensión acuosa que comprende bioazufre elemental y al menos un tensioactivo, por lo que el tamaño promedio de partícula del azufre elemental es inferior a 2.5 micrómetros. Sorprendentemente, se encontró que el bioazufre elemental que tiene un tamaño promedio de partícula de menos

de 2.5 micrómetros se puede formular en una suspensión en base a agua que puede almacenarse y usarse de acuerdo con protocolos estandarizados.

Los métodos para estimar las características relevantes de una suspensión son conocidos por la persona experta. La cantidad de producto que permanece en el empaque después del vaciado es preferiblemente inferior a 15%, más preferiblemente por debajo del 10%, lo más preferido por debajo del 5%. El Collaborative International Pesticides Analytical Council (CIPAC) es una organización internacional sin fines de lucro para la promoción de métodos uniformes para el análisis de pesticidas y métodos de prueba físico-químicos para formulaciones de pesticidas. La capacidad de verter de una suspensión (por ejemplo, un concentrado en suspensión) se puede determinar de acuerdo con el método MT 148 de CIPAC.

La viscosidad de una suspensión (por ejemplo, un concentrado en suspensión) se puede determinar, por ejemplo, con un reómetro o viscosímetro, por ejemplo un medidor Brookfield LV. El esfuerzo de cizallamiento de la suspensión se determina preferiblemente a dos velocidades de rotación diferentes, por ejemplo a 12 rpm y 60 rpm. La proporción de la tensión de cizallamiento determinada (baja velocidad de rotación/alta velocidad de rotación) está preferiblemente entre 2 y 2.5.

Además, la estabilidad de un SC es de suma importancia puesto que no se puede usar un producto inestable en la práctica diaria. En general, la separación de una capa superior acuosa transparente sobre el producto y la precipitación de las partículas en el fondo del envase del producto (botella) son indicadores de la inestabilidad del producto. Se puede obtener una indicación de la estabilidad de un producto a temperatura ambiente durante un período prolongado, por ejemplo 2 años, incubando el producto a una temperatura elevada, por ejemplo 35ºC, durante un período de tiempo más corto tal como, por ejemplo, 3 meses.

El término "azufre elemental" se refiere a azufre S^0. El término incluye alótropos de azufre elemental tales como azufre plástico (amorfo), azufre monoclínico, azufre rómbico compuesto de moléculas S8, y otras moléculas anulares tales como S7 y S12. El tipo de azufre al que se refiere esta patente es "bioazufre" como se proporciona mediante un procedimiento recientemente descubierto denominado procedimiento de THIOPAQTM (patente US6656249 expedida el 2 de diciembre de 2003). El procedimiento de Thiopaq se desarrolló como una alternativa al procedimiento de Claus. El procedimiento de Thiopaq usa procedimientos biológicos de conversión de azufre que conducen a un tipo de azufre elemental que se denomina bioazufre, para azufre producido biológicamente. Este bioazufre tiene algunas propiedades únicas, en comparación con azufre producido químicamente tal como, por ejemplo, por el procedimiento de Claus. Lo más importante es que el bioazufre es más hidrofílico que el azufre producido químicamente. La razón de esto no se conoce. La pureza del bioazufre es preferiblemente más del 80% de la masa seca total, más preferiblemente más del 90% de la masa seca total, más preferiblemente más del 95% de la masa seca total, los más preferido más del 99% de la masa total secada.

Es conocido y reconocido en la técnica que de hecho el bioazufre difiere del azufre producido químicamente. Por ejemplo, Kleinjan et al. (Kleinjan et al., 2003. Topics in Current Chemistry 230: 44-57) indica que la densidad de partículas producidas biológicamente es menor que la densidad de azufre ortorrómbico. Además, las partículas de azufre producidas biológicamente tienen propiedades hidrofílicas, mientras que el azufre ortorrómbico es conocido por ser hidrófobo (Janssen et al., 1999. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 151: 389-397). Además, se ha reportado que otras propiedades del azufre producido químicamente difieren del azufre producido de manera microbiana (Seidel et al., 2006. Chemosphere 62: 1444 - 1453).

La presente invención se basa en el reconocimiento de que el bioazufre difiere del azufre producido químicamente y proporciona métodos y medios para el uso del bioazufre en métodos agrícolas. Los inventores de la presente invención encontraron sorprendentemente que un bioazufre con un tamaño de partícula de menos de 10 micrómetros puede formularse en una suspensión en base a agua que es estable y puede almacenarse sin la formación de sedimento, en contraste con el azufre producido químicamente. Además, se encontró que el bioazufre con un tamaño de partícula de menos de 10 micrómetros, tal como menos de 2.5 micrómetros, era mucho menos tóxico para las plantas, en comparación con el azufre producido químicamente. Además, los presentes inventores encontraron que el bioazufre es más efectivo como un biocida que el azufre producido químicamente, proporcionando la oportunidad de reducir la cantidad de azufre que se usa en la agricultura.

El término suspensión acuosa se refiere a una suspensión de azufre elemental en un fluido, por lo que el fluido comprende más del 50% de agua. La suspensión tiene una mayor resistencia a la sedimentación. Una suspensión preferida comprende entre 10 y 1000 gramos/litro de partículas elementales de azufre de acuerdo con la invención, más preferiblemente entre 100 y 900 gramos/litro, más preferiblemente entre 500 y 800 gramos/litro, más preferiblemente aproximadamente de 700 gramos/litro. El tamaño promedio de partícula de las partículas elementales de azufre es menos de 2.5 micrómetros, más preferiblemente menos de 2 micrómetros, más preferiblemente menos de 1 micrómetro, más preferiblemente menos de 0.8 micrómetros. Un tamaño de partícula promedio preferido está entre aproximadamente 0.1 micrómetros y aproximadamente 0.8 micrómetros. Un tamaño de partícula promedio más preferido es aproximadamente 0.6 micrómetros, que varía entre 0.4 -1 micrómetro. Hasta ahora, el bioazufre no se ha formulado como una suspensión, por ejemplo como un biocida tal como un fungicida o

insecticida, en el que el tamaño promedio de partícula de las partículas elementales de azufre es inferior a 10 micrómetros.

Los métodos para determinar el tamaño promedio de partícula de partículas de azufre elementales son conocidos en la técnica e incluyen, por ejemplo, el tamaño real y la morfología de las partículas usando un sistema de cámara y el uso de difracción de láser y dispersión dinámica de luz. Un método preferido emplea la difracción de láser, por ejemplo mediante el uso de un analizador de tamaño de partícula ANALYSETTE 22 MicroTec plus.

El pH de una suspensión acuosa de acuerdo con la invención está preferiblemente entre 2 y 12, más preferiblemente entre 3 y 11, más preferiblemente entre 4 y 10, más preferiblemente entre 5 y 9. Un pH más preferido está entre 6 y 8 tales como, por ejemplo, aproximadamente 7. El pH de una suspensión acuosa se puede ajustar con una solución de NaOH o HCl, si se requiere.

El término tensioactivo, tal como se usa en esta solicitud, se refiere a un agente humectante que reduce la tensión superficial de un líquido y un agente de esparcimiento/dispersante que permite una dispersión y distribución más fácil de las partículas de azufre.

Dicho al menos un tensioactivo comprende preferiblemente al menos un tensioactivo aniónico y/o al menos un no iónico. Dicho tensioactivo aniónico se selecciona preferiblemente de lauril sulfato de sodio y tipo sulfosuccinato de tensioactivos. Un tensioactivo aniónico más preferido es seleccionado de sales de tristriilfenol etoxiladas tales como, por ejemplo, sulfato de tristriilfenol etoxilado, por ejemplo 2,4,6-Tris[1-(fenil)etil]fenil-omega-hidroxipoli(oxietileno)sulfato (Soprophor® 4D384) y fosfato de tristrililfenol etoxilado, por ejemplo sal de trietanolamina de fosfato de 2,4,6-triestiril-fenil-éter de polietilenglicol (Soprophor® FL); sodiodioctilsulfosuccinato, por ejemplo Geropon® DOS; naftaleno sulfonato, por ejemplo Morwet® D425; y sulfato laurilo de sodio, por ejemplo Heliwet™ NLS90.

Dicho tensioactivo no iónico es seleccionado preferiblemente de la línea Witconol®, la línea Emulpon® y la línea Berol® de Akzo Nobel; la línea Brij®, la línea Synperonic® y la Myrj® de Croda; la línea Antarox® de Rhodia, las líneas Serdox® y Servidox® de Elementis; poli(oxietilen)x-sorbitano-monolaurato, copolímero de injerto de polimetil metacrilato-polietilenglicol, y copolímeros en bloque de óxido de etileno/óxido de propileno. Un tensioactivo no iónico preferido se selecciona de poli(oxietilen)x-sorbitano-monolaurato, por ejemplo TWEEN® 60, 61 ó 65, copolímero de injerto de polimetil metacrilato-polietilenglicol, por ejemplo Atlox™ 4913, copolímero en bloque de óxido de etileno/ óxido de propileno, por ejemplo Synperonic™ PE/L61.

Dicho al menos un tensioactivo comprende preferiblemente al menos dos tensioactivos, al menos tres tensioactivos, al menos cuatro tensioactivos, al menos cinco tensioactivos, tales como, por ejemplo, seis tensioactivos, siete tensioactivos, ocho tensioactivos, nueve tensioactivos o diez tensioactivos. Dichos al menos dos tensioactivos comprenden preferiblemente al menos un agente humectante y al menos un agente dispersante. Un agente dispersante preferido es un condensado de naftaleno sulfonato, por ejemplo alquilnaftalenosulfonato de sodio, condensado de formaldehído (Morwet® D425). Un agente humectante preferido es seleccionado de los grupos de los etoxilatos de di- o tristrifenfenol fosfatados en la forma de fosfato y/o de sulfonatos de lignina. Un agente humectante más preferido es fosfato de tristrifenol etoxilado, tal como, por ejemplo, Soprophor® FL.

Dicho al menos un tensioactivo está preferiblemente presente en una suspensión acuosa de acuerdo con la invención a una concentración entre 1 y 100 gramos/litro, más preferiblemente entre 2 y 75 gramos/litro, más preferiblemente entre 5 y 60 gramos/litro, más preferiblemente entre 10 y 50 gramos/litro. Dichos tensioactivos en una suspensión acuosa de acuerdo con la invención que comprenden al menos dos tensioactivos están preferiblemente presentes en una concentración entre 0.2 y 50 gramos/litro por tensioactivo. El al menos un agente humectante está preferiblemente presente en una concentración entre 0.2 y 100 gramos/litro por tensioactivo, más preferiblemente entre 0.5 y 70 gramos/litro, más preferiblemente entre 1 y 50 gramos/litro. El al menos un agente dispersante está preferiblemente presente en una concentración entre 0.2 y 100 gramos/litro por tensioactivo, más preferiblemente entre 0.5 y 70 gramos/litro, más preferiblemente entre 1 y 50 gramos/litro.

Dicho al menos un tensioactivo lo más preferiblemente comprende alquilnaftalenosulfonato de sodio, condensado de formaldehído y fosfato de tristrenfenol etoxilado. Dicho alquilnaftalensulfonato de sodio, condensado de formaldehído está preferiblemente presente en una concentración entre 0.2 y 80 gramos/litro por tensioactivo, más preferiblemente entre 1 y 50 gramos/litro. Dicho alquilnaftalensulfonato de sodio, condensado de formaldehído esta lo más preferiblemente presente en una concentración de aproximadamente 40 gramos/litro. Dicho fosfato de tristirenfenol etoxilado está preferiblemente presente en una concentración entre 0.2 y 80 gramos/litro por tensioactivo, más preferiblemente entre 1 y 50 gramos/litro. Dicho fosfato de tristirenfenol etoxilado está lo más preferiblemente presente en una concentración de aproximadamente 30 gramos/litro.

Por lo tanto, la invención proporciona una suspensión acuosa que comprende bioazufre elemental, por lo que el tamaño promedio de partícula del azufre elemental es menos de 2.5 micrómetros, que comprende además al menos dos tensioactivos, que comprenden al menos un agente humectante y al menos un agente dispersante. Dicha suspensión se usa preferiblemente en la agricultura como un pesticida, incluyendo fungicida e insecticida, o como un

fertilizante. Un agente dispersante preferido es un condensado de naftaleno sulfonato, por ejemplo alquilnaftalenosulfonato de sodio, condensado de formaldehído (Morwet® D425). Un agente humectante preferido es seleccionado de los grupos de los etoxilatos de di- o tristri- fenfenol fosfatados en la forma de fosfato y/o de sulfonatos de lignina. Un agente humectante más preferido es fosfato de tristrifenol etoxilado, tal como, por ejemplo, Soprophor® FL.

Una suspensión acuosa preferida de acuerdo con la invención comprende además un agente espesante en una concentración entre 0.1 y 50 gramos/litro, más preferiblemente entre 0.5 y 20 gramos/litro, lo más preferido entre 1 y 10 gramos/litro. Dicho agente espesante se selecciona preferiblemente de polisacáridos, tales como almidón, goma vegetal, polímeros sintéticos, complejos de órgano-arcilla hidrofílicos y dióxido de silicio precipitado (Ketjensil, Akzo Nobel). Un agente espesante preferido es un polisacárido, más preferiblemente una goma tal como goma de xantano o una goma vegetal tal como, por ejemplo, alginina, goma de guar, goma de algarrobo. La más preferida es la goma de xantano. Una goma de xantano preferida es Kelzan® S/RD/ASX o Rhodopol® 23D. Otra goma de xantano preferida es una goma de xantano modificada que comprende succinoglicano tal como, por ejemplo, Rheozan®. El Rheozan® como un agente espesante está preferiblemente presente en una concentración de aproximadamente 5 gramos/litro. Una composición de la invención puede comprender también dos o más agentes espesantes diferentes tales como, por ejemplo, una combinación de goma de xantano y silicato de magnesio y aluminio.

Una suspensión acuosa de acuerdo con la invención comprende preferiblemente un agente antiespumante en una concentración entre 0.1 y 20 gramos/litro. Dicho agente antiespumante es seleccionado preferiblemente de agentes antiespumantes en base a polidimetilsiloxano. Un agente antiespumante más preferido es un diol acetilénico tal como 2,4,7,9-tetrametil-5-decin-4,7-diol, 3,6-dimetil-4-octin-3,6-diol y 3,5 dimetil-1-hexin- 3-ol. Un agente antiespumante más preferido es 2,4,7,9-tetrametil-5-decin-4,7-diol (Surfynol®-104E, Air Products, Allentown, PA). Una composición de la invención puede comprender también dos o más agentes formadores de antiespumantes diferentes.

Una suspensión acuosa de acuerdo con la invención puede comprender además un biocida en una concentración entre 0.001 y 20 gramos/litro, más preferiblemente entre 0.005 y 5 gramos/litro, más preferiblemente entre 0.01 y 1 gramo/litro. Los biocidas preferidos son conservantes ácidos débiles tales como ácido láctico, ácido benzoico, ácido propiónico, ácido cítrico y ácido acético, la sal de metal alcalino o de metal alcalinotérreo de los ácidos débiles, parabenzoato de etilo, bórax, bisulfito de calcio, EDTA cálcico disódico, ácido deshidroacético , e isotiazolas, por ejemplo 5-Cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona (KATHONTM, Rohm y Haas) y sales de amonio cuaternario tales como, por ejemplo, cloruro de 1-(3-cloroalil)-3,5,7-triaza-1-azoniaadamantano (CTAC). Un biocida preferido es una sal de amonio cuaternario que es proporcionada por CTAC, que se estabiliza con bicarbonato de sodio (Dowicil®75). Una composición de la invención puede comprender también dos o más biocidas diferentes. Otro biocida preferido es KathonTM, el cual está preferiblemente presente en una concentración de aproximadamente 0.04 gramos / litro.

Una suspensión acuosa de acuerdo con la invención puede comprender además un segundo ingrediente activo tal como un fungicida, insecticida, acaricida (acaricida) y/o bactericida.

Los ejemplos de fungicidas adecuados comprenden compuestos tales como fungicidas de conazol tales como, por ejemplo, (RS)-1-(β-aliloxi-2,4-diclorofenetil)imidazol (imazalil; Janssen Pharmaceutica NV, Bélgica) y N-propil-N-[2-(2,4,6-triclorophenoxi)etil] imidazol-1-carboxamida (prochloraz), fungicidas de tiazol tales como, pore jemplo, 2-(tiazol-4-yl)benzimidazole(tiabendazol; por ejemplo el producto comercial TECTO® Flowable SC de Syngenta, EEUU), metil 1-(butIlcarbamoll)benzimidazol-2-ilcarbamato (benomil), un fungicida de ftalimida no sistémico tal como, por ejemplo, N-(triclorometiltio)ciclohex-4-eno-1,2-dicarboximidz (captan), N-(triclorometiltio)ftalimida (folpet) (producto comercial de FOLPAN® (Makhteshim Agan International)), fungicidas de carbamato tales como, por ejemplo, dimetil 4,4'-(ofenileno)bis(3-tioalofanato) (tiofanato-metil; producto comercial: TOPSIN® M (Cerexagri Inc), fosfitos(sales y ésteres de ácido fosfórico, H_3PO_3) y fungicidas de piridina tales como, por ejemplo, 3-cloro-N-(3-cloro-5-trifluorometil-2-piridil)-α,α,α-trifluoro-2,6-dinitro-p-toluidino (fluazinam; producto comercial: SHIRLAN® ,Syngenta, Suiza). Un fungicida lo más preferido es fosfito. Una composición de la invención también puede comprender dos o más fungicidas.

Los ejemplos de insecticidas adecuados comprenden imidacloprid (producto comercial: ADMIRE®, Bayer) Bacillus thuringiensis (producto comercial: TUREX®, Certis EEUU), teflubenzurón (producto comercial: NOMOLT®, BASF), pimetrozina (producto comercial: PLENUM®, Syngenta) y acetamiprid (Producto comercial: GAZELLE®, Certis Europa). Un insecticida más preferido es el impidacloprid. Una composición de la invención puede comprender también dos o más insecticidas.

Los ejemplos de acaricidas adecuados comprenden clofentazina (producto comercial: APOLLO®, Makhteshim), acequinocilo (producto comercial: KAMEMYTE®, Arysta), espirodiclofeno (producto comercial: ENVIDOR®, Bayer Crop-Science), bifenazato (producto comercial: FLORAMITE®, Certis Europe) y fenbutatinoxido (producto comercial: TORQUE L®, BASF). Un acaricida más preferido es el espirodiclofeno. Una composición de la invención puede comprender también dos o más acaricidas.

Los ejemplos de bactericidas adecuados comprenden compuestos tales como sales de cobre (por ejemplo, hidróxido de cobre, oxicloruro de cobre, sulfato de cobre y mezcla de Burdeos), estreptomicina, el producto comercial CITRICIDAL® (Bio/Chem Research) y validamicina. Un bactericida más preferido es el hidróxido de cobre. Una composición de la invención puede comprender también dos o más bactericidas.

Para el experto en la técnica será evidente que una suspensión acuosa de acuerdo con la invención puede comprender sustancias adicionales tales como, por ejemplo, un agente adherente.

Una suspensión acuosa de acuerdo con la invención se usa preferiblemente como fertilizante, fungicida y/o un insecticida tal como un acaricida. La suspensión acuosa se diluye preferiblemente con agua antes de su uso como fertilizante, fungicida y/o acaricida para contener entre 1 y 80 gramos/litro de biosulfuro elemental, más preferiblemente entre 2 y 50 gramos/litro, más preferiblemente entre 3 y 20 gramos/litro, más preferiblemente entre 4 y 10 gramos/litro de azufre elemental. Si se requiere, se añade un agente adherente a la suspensión acuosa diluida. Dicha suspensión acuosa diluida se usa, por ejemplo, para controlar la pudrición parda de los melocotones, el oídio de las manzanas, grosellas espinosas, lúpulo, plantas ornamentales, uvas, melocotones, fresas y remolachas dulces, la sarna de la manzana, el ácaro de la gallina en la grosella negra, mancha de maní, moho en las rosas, y los ácaros en frijoles, zanahorias, alfalfa, melones, y los tomates. Una suspensión acuosa que comprende entre 1 y 80 gramos/litro, más preferiblemente entre 2 y 50 gramos/litro, más preferiblemente entre 3 y 20 gramos/litro, más preferiblemente entre 4 y 10 gramos/litro, se atomiza preferiblemente sobre una planta para su uso como un fungicida y/o un insecticida. Una suspensión acuosa que comprende entre 1 y 80 gramos/litro se aplica preferiblemente al suelo después de la dilución en agua para su uso como fertilizante. Para el experto en la materia, será evidente que son aceptables para uso como fertilizantes concentraciones más altas (preferiblemente más de 10 gramos/litro) de bioazufre, en comparación con el uso como un fungicida y/o un insecticida (preferiblemente inferior a 20 gramos/litro).

La capacidad de suspensión de las partículas de azufre en un producto dispersable en agua, por ejemplo una suspensión acuosa diluida de acuerdo con la invención es preferiblemente al menos 50%, más preferiblemente al menos 60%, más preferiblemente al menos 70%, lo más preferido al menos 80%, por lo tanto los porcentajes indicados se refieren al porcentaje de partículas de azufre que se mantienen por hundimiento. En general, la capacidad de suspensión se determina en un cilindro determinando el porcentaje de partículas precipitadas en la parte inferior del cilindro después de un cierto intervalo de tiempo. Como una alternativa, el porcentaje de partículas flotantes en la parte superior de un cilindro se determina después de un cierto intervalo de tiempo. La capacidad de suspensión se puede determinar y reportar de acuerdo con el método CIPAC MT 15, MT 161 o MT 168 según sea apropiado. La capacidad de suspensión de acuerdo con CIPACMT 15 es preferiblemente al menos 80%.

La fitotoxicidad de una suspensión acuosa de acuerdo con la invención, que se diluye preferiblemente a una concentración lista para usar menos de 20 kg/litro, más preferiblemente menos de 15 kg/litro, más preferiblemente menos de 10 gramos/litro de biosulfuro elemental, cuando se aplica a los cultivos se reduce en comparación con la fitotoxicidad de una solución acuosa que comprende azufre de Claus elemental. El azufre de Claus elemental con un tamaño de partícula promedio de menos de 1 micrómetro se ha reportado ser fitotóxico ((Emmett et al., 2003. "Sulphur formulations, particle size and activity - a review" en "Strategic Use of Sulphur in Integrated Pest and Disease Management (IPM) Programs for Grapevines". Informe final al GWRDC; el informe está disponible en el South Australian Research and Development Institute; http://www.sardi.sa.gov.au). Las pequeñas partículas pueden penetrar a través de las estomas de las plantas y "quemar" el tejido vegetal. Por el contrario, no se observó fitotoxicidad cuando se aplicó a las plantas una suspensión acuosa que comprendía bioazufre con un tamaño promedio de partícula de menos de 10 micrómetros, tal como menos de 2.5 micrómetros, tal como aproximadamente 0.6 micrómetros. Sin estar limitado por la teoría, una razón para la reducción de la fitotoxicidad del bioazufre puede ser que el bioazufre es más hidrofílico que el azufre Claus, que impide o que reduce la disponibilidad del bioazufre en las hojas hidrófobas de una planta.

La invención proporciona además un fertilizante y/o un biocida que comprende una composición acuosa de acuerdo con la invención. Dicho biocida es preferiblemente un insecticida tal como un acaricida y/o un fungicida.

La invención proporciona además un método para proteger una planta agrícola de una enfermedad vegetal causada por un hongo y/o un artrópodo, el método que comprende la aplicación a dicha planta agrícola de una composición acuosa de acuerdo con la invención. En un método preferido de acuerdo con la invención, se aplica entre 0.1 y 50 kg de bioazufre por hectárea, más preferiblemente entre 0.5 y 25 kg, más preferiblemente entre 1 y 15 kg, más preferiblemente entre 2 y 10 kg de bioazufre por hectárea de terreno sobre la cual se cultiva la planta agrícola. Dicha planta agrícola es preferiblemente una planta vegetal, de fruta o una planta de flor. Dicho vegetal se selecciona preferiblemente de tomate, frijol, pepino, berenjena y guisante. Dicha planta de fruto se selecciona preferiblemente de melocotón, ciruela, manzana, pera, mora, frambuesa, cereza, cítricos, pasa de corinto, grosella y uva. Dicha planta de flores es preferiblemente rosa, crisantemo, clavel y gerbera. Dicho artrópodo preferiblemente es un ácaro. Dicho ácaro es seleccionado preferiblemente de ácaro de barro, ácaro de ampollas, ácaro de araña roja, ácaro de petrobia, ácaro amplio, ácaro de óxido de cítrico, ácaro plano, ácaro de plata, ácaro de brote, ácaro de seis manchas, ácaro de ampollas, ácaro manchado y ácaro rojizo. Dicho hongo se selecciona preferiblemente de hongos que causan costra, moho tales como moho pulverulento y oídio, botritis, mancha negra, herrumbre y otras

enfermedades tales como, por ejemplo, pudrición parda. El azufre previene que las esporas de hongos germinen, por lo que se aplica preferiblemente antes de que se desarrolle una enfermedad.

La eficacia de una suspensión acuosa de acuerdo con la invención, preferiblemente diluida para una concentración lista para usar menos de 20 kg/litro, más preferiblemente menos de 15 kg/litro, más preferiblemente menos de 10 gramos/litro de bioazufre elemental, cuando se compara con la eficacia de una solución acuosa que comprende azufre de Claus elemental. Se encontró que se obtuvo una protección eficiente contra la enfermedad del oídio en la vid con una suspensión acuosa que comprendía la mitad de la concentración de azufre elemental cuando estaba presente como bioazufre, en comparación con una suspensión similar que comprendía azufre elemental de Claus. De manera similar, se llevó a cabo una protección eficiente contra el oídio en el melón con una suspensión acuosa que comprendía la mitad de la concentración de azufre elemental cuando estaba presente como bioazufre, en comparación con una suspensión similar que comprendía azufre elemental de Claus.

[0040] El tamaño promedio de partícula del biosulfuro elemental es menos de 50 micrómetros, que varía de 0.2 a 500 micrómetros (véase la figura 1). El tamaño promedio de partícula puede reducirse mediante cualquier método conocido en la técnica. Por ejemplo, sonicación de la torta de azufre (el producto del procedimiento de THIOPAQTM), reducirá el tamaño promedio de partícula a aproximadamente 2 micrómetros. En un método preferido, la torta de azufre (el producto del procedimiento de THIOPAQTM), se lava primero con agua para eliminar contaminantes tales como sales sulfatadas y bicarbonato. Dicho lavado puede repetirse, si es necesario. Al menos se añaden un tensioactivo, un espesante y, opcionalmente, un agente antiespumante a la torta de azufre lavada (que normalmente es de aproximadamente 30% a 80% de azufre elemental en agua, por lo que el azufre es más de 99% de azufre elemental). La suspensión resultante se muele, por ejemplo en un molino de bolas. El procedimiento de molienda se repite hasta que se obtiene un tamaño promedio de partícula de menos de 10 micrómetros, más preferiblemente menos de 2.5 micrómetros. En general, se obtuvo un tamaño promedio de partícula de aproximadamente 0.6 micrómetros si el procedimiento de molienda se realizó dos veces (véase la figura 2). Después de moler, se puede añadir un agente espesante adicional para obtener la viscosidad óptima del producto.

Legendas de las figuras

Figura 1. Tamaño de partícula de bioazufre, formulado como se describe en el Ejemplo 7. El producto no se molió. Los tamaños de partícula varían de 0.2 a ± 500 micrómetros.

Figura 2. Tamaño de partícula de bioazufre, formulado como se describe en el Ejemplo 7. El producto se molió una vez con un molino de bolas hasta un tamaño de partícula de, en promedio, 0.6 micrómetros.

Ejemplos

Ejemplo 1. Preparación de partículas de bioazufre con un diámetro promedio de menos de 2.5 micrómetros

El bioazufre en el procedimiento de THIOPAQ ™ se forma como un lodo húmedo. Para el desarrollo de una formulación de bioazufre adecuada, se separó parcialmente el agua del lodo usando una centrífuga o prensa de filtro que resulto en una torta húmeda de azufre. Se eliminaron posibles contaminaciones del lodo de azufre lavándolo con agua. La torta contiene alrededor del 40% al 70% de azufre elemental en agua. En los experimentos descritos a continuación, el azufre se lavó en una prensa de filtro con agua. La torta de azufre lavada contenía 62% de azufre elemental y 38% de agua. La pureza del azufre fue más del 99% después del lavado.

Para el desarrollo de una formulación de bioazufre adecuada se siguió el siguiente procedimiento.

En primer lugar, se mezcló agua con tensioactivos, un agente antiespumante y un biocida hasta que todos los compuestos se disolvieron. En segundo lugar, se añadió la torta húmeda de azufre y se mezcló vigorosamente hasta que se obtuvo la máxima dispersión (con viscosidad relativamente baja). Esta mezcla se molió usando un molino de bolas que resulto en partículas con un tamaño promedio de 0.6 micrómetros (véase la figura 2). Finalmente, se añadió un agente espesante para evitar la precipitación de las partículas de azufre en el producto. Los tipos de tensioactivos, agentes antiespumantes, biocidas y espesantes que se ensayaron se dan a continuación en los ejemplos. El efecto de los diferentes agentes de formulación se evaluó usando métodos estándar de CIPAC (http://www.cipac.org/index.htm).

En un experimento representativo, se preparó una solución de Soprophor FL (150 gramos/litro), Morwet D425 (200 gramos/litro) Surfynol 104E (15 gramos/litro) y Kathon (200 mgramos/litro) en agua. Se mezcló un volumen de esta solución con 5 volúmenes de la torta de azufre lavada (62% de azufre elemental y 38% de agua). La mezcla resultante se molió usando un molino de bolas KDL Dyno-mill. Después de moler, se añadió goma de xantano a una concentración final de 0.9 gramos/litro. La suspensión acuosa resultante se almacenó hasta su uso a temperatura ambiente.

Ejemplo 2. Efecto de tensioactivos sobre el humedecimiento y la dispersión de las partículas de azufre en la solución de atomización lista para usar.

Los tensioactivos que se ensayaron por su efecto sobre la capacidad de suspensión de las partículas de bioazufre elementales con un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0.6 micrómetros (obtenido después de moler una suspensión de azufre en un aparato de molino de bolas) en la solución de atomización lista para usar, se muestran en la tabla 1. La capacidad de suspensión se evaluó usando las pruebas de CIPAC número MT 15 relacionadas con la capacidad de suspensión del azufre en soluciones de atomización listas para usar. Los resultados se presentan en la tabla 1.

En resumen, se determinó la capacidad de suspensión ubicando 250 ml de una suspensión diluida en agua de acuerdo con la invención, que comprendía 20 gramos/litro de partículas de azufre, en un cilindro de vidrio de 250 ml. El cilindro se tapó, se invirtió 30 veces y se dejó en reposo durante 30 minutos. Los 225 ml superiores se eliminaron mediante una bomba de vacío. Los 25 ml inferiores se retiraron y se secaron, después de lo cual se determinó la cantidad de azufre en la materia seca.

Tabla 1. Efecto de tensioactivos sobre la humectación y dispersión de las partículas de azufre. Por litro de producto se añadieron 40 ml de cada tensioactivo.

Tensioactivo	Capacidad de suspensión (CIPAC MT 15)
Soprophor 4D384	< 20%
Soprophor FL	< 20 %
Soprophor FL más Atlox 4913	< 40%
Soprophor FL más Synperonic PE/L61	< 50%
Soprophor FL más Tween 60	< 60%
Soprophor 4D384 más Atlox 4913	< 30%
Soprophor 4D384 más Morwet D425	< 60%
Synperonic PE/L61 más Morwet D425	< 15%
Heliwet NLS 90 más Morwet D425	< 20%
Soprophor FL más Morwet D425	> 85 %

A partir de los resultados, se concluyó que un tensioactivo más preferido es una combinación de Soprophor FL más Morwet D425

Ejemplo 3. Efecto de un espesante sobre la precipitación de las partículas de azufre en una suspensión

El efecto de un espesante sobre la viscosidad del producto de azufre que contiene partículas de azufre de 0.6 micrómetros más Soprophor FL y Morwet D425. Los grupos de espesantes que se ensayaron se muestran en la tabla 2. La viscosidad se evaluó usando las pruebas de CIPAC número 192 relacionadas con la viscosidad del producto de azufre. Los resultados se presentan en la tabla 2.

En resumen, la viscosidad se determinó, por ejemplo, con un viscosímetro Brookfield LV, determinando la tensión de cizallamiento de la suspensión a 12 rpm y 60 rpm.

Tabla 2. Efecto de un espesante sobre la viscosidad del producto de azufre que contiene partículas de azufre más Soprophor FL y Morwet D425.

Espesante	Cantidad (g/l)	Brookfield LVT (huso2) mPa.s		
		60 rpm	12 rpm	Proporción
Goma de guar	15	120	216	1.8
Silicato de aluminio de magnesio	6	60	96	1.6
Succinoglicano	9	200	440	2.2
Dióxido de silicio precipitado	20	45	59	1.3

Goma de xantano	9	320	770	2.4

A partir de estos resultados, se concluyó que la goma de xantano es un espesante preferido.

Ejemplo 4. Efecto de un compuesto antiespumante sobre la formación de espuma de la mezcla de azufre-surfactantes-espesante para evitar la formación excesiva de espuma durante la producción y manipulación del producto. Los grupos de compuestos antiespumantes que se ensayaron se muestran en la tabla 3. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

En resumen, el efecto de un compuesto antiespumante se determinó visualmente después de mezclar vigorosamente tres volúmenes de una solución que comprende al menos un tensioactivo, el agente antiespumante y el biocida en agua con 10 volúmenes de la torta de azufre lavada. Después de mezclar, la mezcla se dejó en reposo durante un minuto. La ausencia de espuma después de la mezcla se indicó como "excelente". La presencia de algo de espuma después de la mezcla que desapareció durante la incubación de 1 minuto se indicó como "buena". La presencia de alguna espuma después de la mezcla que permaneció después de la incubación de 1 minuto se indicó como "moderada". La presencia de cantidades considerables de espuma después de la mezcla que no desapareció después de la incubación de 1 minuto se indicó como "pobre".

Tabla 3. Efecto de un compuesto antiespumante sobre la formación de espuma de la mezcla de azufre-tensoactivos-espesante para prevenir la formación excesiva de espuma durante la producción y manipulación del producto.

Compuesto antiespumante	Cantidad (g/l)	Resultado
Siliconas (como Rhodorsill)	5	buen desempeño
Surfynol 104E	3	Buen desempeño

A partir de estos resultados, se concluyó que Surfynol 104E es un agente antiespumante preferido.

Ejemplo 5. Efecto de un biocida sobre el deterioro microbiano. Los grupos de biocidas que se ensayaron se presentan en Tabla 4.

Los resultados se presentan en la Tabla 4.

En resumen, se determinó el crecimiento de un microbio en una suspensión acuosa que comprende bioazufre elemental mediante incubación de la suspensión acuosa en una botella hermética cerrada durante un mes, seguido por la determinación de la presión dentro de la botella. Un aumento de la presión dentro de la botella es típico para el crecimiento de un microbio. Ningún aumento en la presión se denotó como "excelente". Un aumento entre 0.01 y 0.1 bar se denotó como "bueno". Un aumento de más de 0.1 bar se denotó como "pobre".

Tabla 4. Efecto de un biocida sobre el deterioro microbiano del producto lo más preferido presentado

Conservante	Cantidad (g/l)	Efecto
Polvo de Dowicil 75	0,04	Buena protección contra el deterioro
Kathon (Rhom y Haas)	0,04	Excelente protección contra el deterioro

A partir de estos resultados, se concluyó que Kathon es un biocida preferido.

Ejemplo 6. Efecto de diferentes combinaciones de tensioactivos sobre la estabilidad de un producto que contiene bioazufre (700 g/l, p/p) más goma de xantano (0.9 g/l, p/p) y Kathon (0.04 g/l, p/p).
La cantidad de cada tensioactivo fue de 40 ml/l. Los productos formulados se almacenaron a 35ºC antes de evaluar la capa superior y la cantidad de sedimentación.

En resumen, se incubó una suspensión acuosa que comprendía bioazufre elemental (700 g/l, p/p) más goma de xantano (0.9 g/l, p/p) y Kathon (0.04 g/l, p/p) a 35°C en una botella de polietileno tapado. El espesor de una capa visible en la parte superior y la parte inferior se monitoreo en los momentos indicados. La altura de una capa visible se expresó como un porcentaje de la altura total de la suspensión.

Tabla 5. Efecto de diferentes combinaciones de tensioactivos sobre la estabilidad

Tensioactivos		Capa en la parte superior			Sedimentación		
		1 mes	2 meses	3 meses	1 mes	2 meses	3 meses
Soprohor FL	Morwet D425	0%	0%	2-5%	0%	0%	0%
Soprophor FL	Atlox 4913	2%	10%	15%	0%	0%	2%
Soprophor 4D384	Morwet D425	0%	8%	20%	0%	5%	10%
Soprophor 4D384	Atlox 4913	10%	15%	17%	0%	10%	16%
Pluronic PE/L61	Morwet D425	10%	20%	28%	1%	20%	45%
Heliwet NLS 90	Morwet D425	50%	> 50%	> 50%	40%	> 50%	> 50%
Soprophor FL	Tween 60	8%	20%	34%	3%	10%	30%
Soprophor FL	Pluronic PE/L61	2%	5%	22%	3%	6%	34%
Geropon DOS	Morwet D425	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%	> 50%
Geropon DOS	Soprophor 4D384	15%	32%	36%	8%	10%	22%

A partir de los resultados se concluye que la combinación de tensioactivos de Soprophor FL más Morwet D425 es óptima, pero también pueden ser aceptables otras combinaciones.

Ejemplo 7. Efecto del tamaño de partícula de bioazufre en la fitotoxicidad.

Es bien sabido que las partículas pequeñas (con un tamaño promedio de menos de 1 micrómetro) de azufre de Claus causan fitotoxicidad. Para evaluar la fitotoxicidad de pequeñas partículas de bioazufre, se molió en húmedo un producto que comprende bioazufre (700 gramos/litro), Soprophor FL (30 gramos/litro), Morwet D425 (40 gramos/litro), Surfynol 104E (3 gramos/itro) y Kathon (0.04 gramos/litro) usando un molino de bolas (DYnamill) hasta un tamaño promedio de partícula de 0.6 mm (véase la figura 1). Se añadió goma de xantano al producto molido hasta una concentración final de 0.9 gramos/litro. La suspensión resultante se diluyó a 6 gramos/litro de bioazufre en agua y se ensayó en el campo sobre vid, melón y fresa en seis atomizaciones posteriores (intervalo semanal). Se encontró que el bioazufre no causaba ninguna fitotoxicidad.

Ejemplo 8. Eficacia del bioazufre contra las enfermedades de los cultivos.

En experimentos comparativos, se comparó la eficiencia del bioazufre contra el oídio en la vid con una referencia de azufre en dos grandes ensayos separados. En uno de los ensayos, se encontró que la eficacia del bioazufre, formulada como en el Ejemplo 7 y diluida en agua, a 6.4 l/ha (4.5 kg/ha de azufre) era similar a la eficiencia de Thiovit Jet a 12.5 kg/ha (10 kg/ha de azufre). En un segundo ensayo independiente, se encontró que la eficiencia del bioazufre, formulada como en el Ejemplo 7 y diluida en agua, a 4.8 l/ha (3,4 kg/ha de azufre) se mejoró en comparación con la eficiencia de Thiovit Jet a 6 kg/ha (4.8 kg/ha de azufre).

En un experimento comparativo adicional, la eficiencia del bioazufre contra el oídio sobre el melón se comparó con una referencia de azufre. Se encontró que la eficiencia del bioazufre a 6 l/ha (4.5 kg/ha de azufre) se mejoró en comparación con la eficiencia de Thiovit Jet a 7.5 kg / ha.

REIVINDICACIONES

1. Una suspensión acuosa que comprende bioazufre elemental y al menos un tensioactivo, en el que el tamaño promedio de partícula del azufre es menos de 2.5 micrómetros.

2. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el tamaño promedio de partícula del bioazufre elemental es menos de 1 micrómetro.

3. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende entre 10 y 1000 gramos/litro de partículas de bioazufre elemental.

4. La suspensión acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende al menos dos tensioactivos.

5. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 4, en la que los al menos dos tensioactivos comprenden al menos un agente humectante y al menos un agente dispersante.

6. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 5, en la que el agente dispersante es un condensado de naftaleno sulfonato.

7. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 5, en la que el agente dispersante es alquilnaftalenosulfonato de sodio, condensado de formaldehído.

8. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 5, 6 o 7, en la que el agente humectante es un etoxilato de di- o triestirenofenol fosfatado.

9. La suspensión acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende además un agente espesante.

10. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el agente espesante es un polisacárido.

11. La suspensión acuosa de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en la que el agente espesante es goma de xantano.

12. Uso de una suspensión acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11 como fertilizante, fungicida y/o acaricida.

13. Uso de una suspensión acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, por lo que la suspensión acuosa se atomiza sobre una planta o se aplica al suelo.

14. Uso de acuerdo con la reivindicación 12 o la reivindicación 13, para la protección de plantas contra la enfermedad del oídio pulverulento.

15. Un método para proteger una planta agrícola de una enfermedad vegetal causada por un hongo y/o un artrópodo, donde el método comprende la aplicación a dicha planta agrícola de una composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

Figura 1

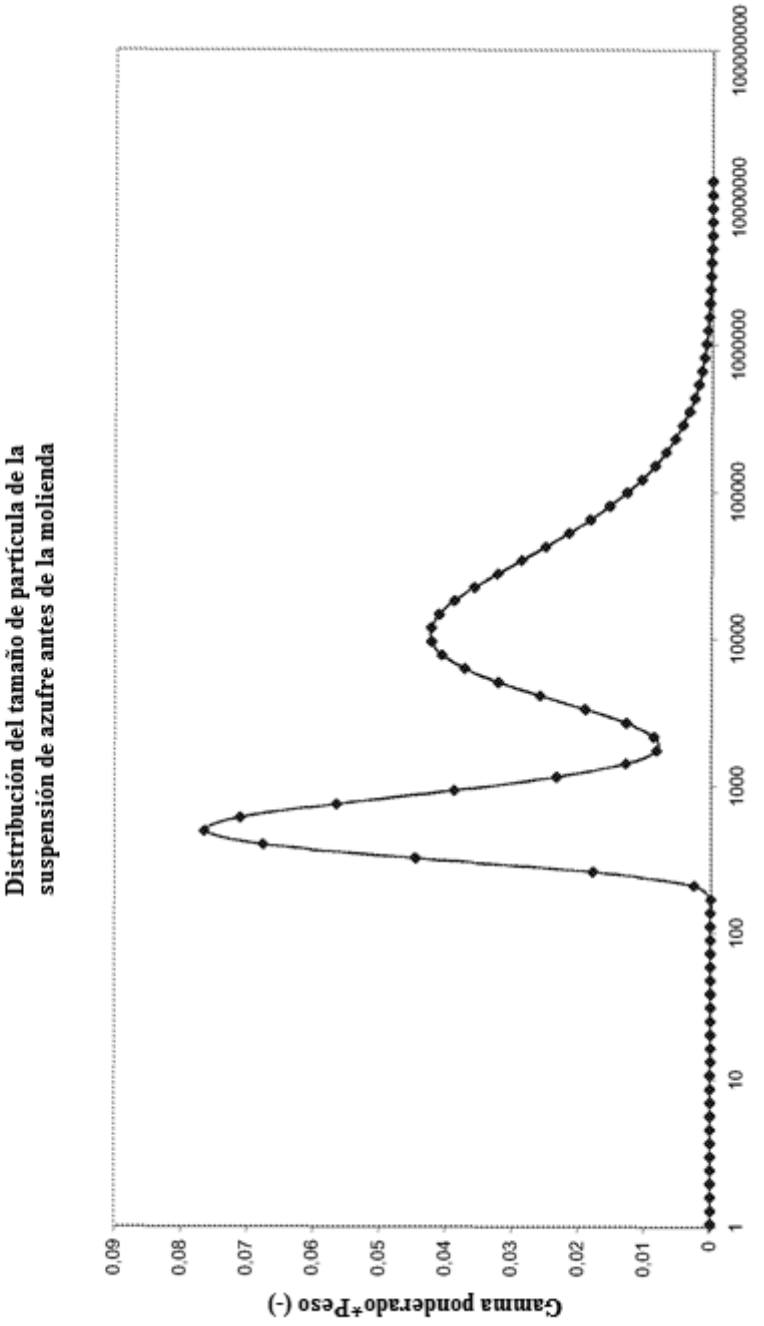
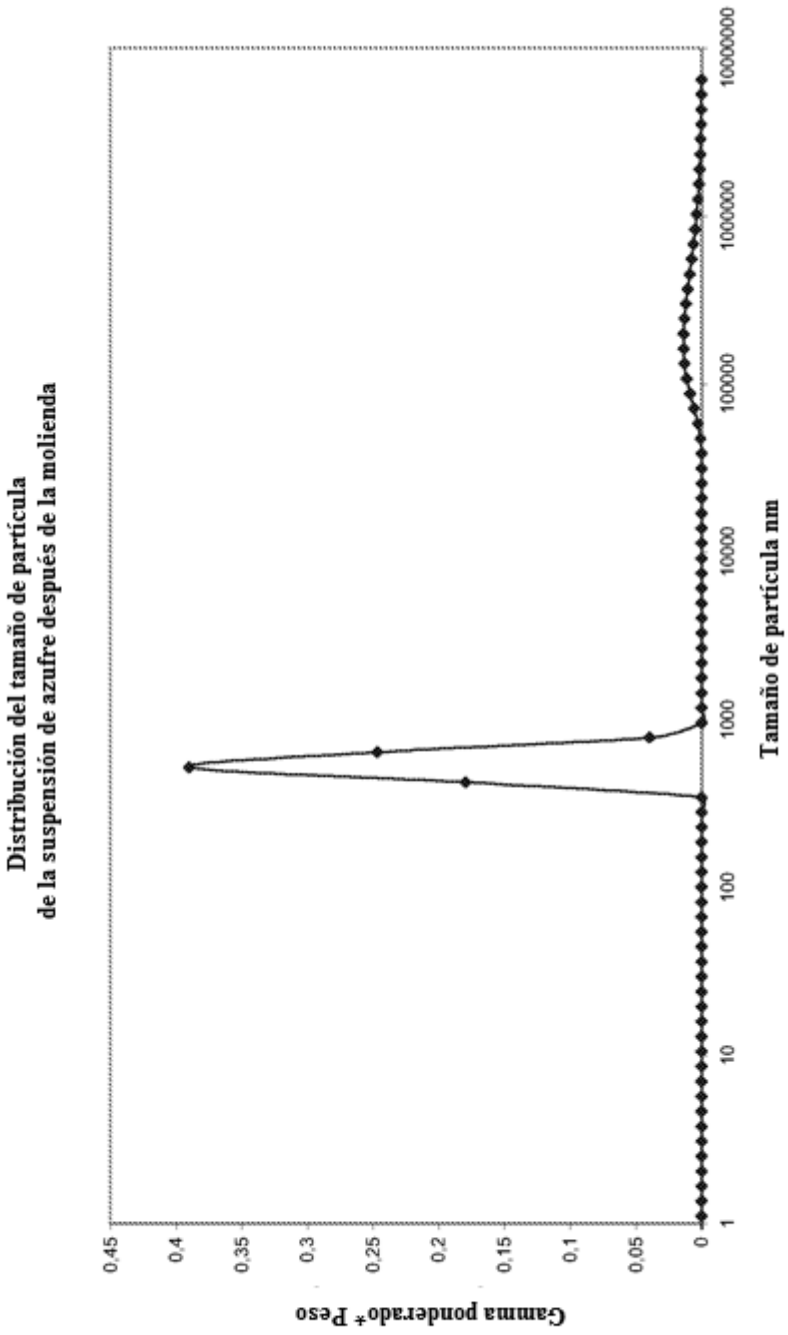

Distribución del tamaño de partícula de la suspensión de azufre antes de la molienda
Gamma ponderado*Peso (-)
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
1
10
100
1000
10000
100000
1000000
10000000
100000000
Tamaño de partícula nm

Figura 2


Distribución del tamaño de partícula
de la suspensión de azufre después de la molienda
Gamma ponderado* Peso
0,45
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
1
10
100
1000
10000
100000
1000000
10000000
Tamaño de partícula nm