

FORMULACIÓN SÓLIDA SUPRESORA DE POLVO

La presente invención se refiere a una formulación sólida supresora de polvo que se diluye en una fase acuosa.

5 Las soluciones supresoras de polvo se utilizan comúnmente en caminos mineros, caminos de alto tráfico, caminos públicos sin pavimentar y otras operaciones industriales para controlar la generación y propagación de polvo en las carreteras causadas por camiones de carga y otro equipo pesado, así como la dispersión de polvo fugitivo en
10 pilas de material. Estas soluciones son típicamente compuestos químicos que se aplican a la superficie de la carretera o de la pila para minimizar la liberación de partículas de polvo al aire. El uso de supresores de polvo ayuda a mejorar la calidad del aire, reducir riesgos para la salud, aumentar la seguridad de los trabajadores mineros y minimizar los
15 impactos ambientales.

Existen varios tipos de supresores de polvo disponibles, incluyendo soluciones a base de agua, productos a base de petróleo, compuestos sintéticos y soluciones biológicas. Cada tipo tiene sus propias ventajas, desventajas y consideraciones en términos de
20 efectividad, costo e impacto ambiental.

Los supresores de polvo a base de agua se utilizan ampliamente debido a su disponibilidad y bajo costo. También se les llama agentes humectantes. Estas soluciones consisten principalmente en agua y pueden contener aditivos adicionales, como sales y cloruros
25 y/o productos electroquímicos, para mejorar sus propiedades de control del polvo. Cuando se aplican a la superficie de la carretera, el agua suprime el polvo al pesar las partículas y reducir su capacidad de volar. Las soluciones a base de agua se aplican típicamente a través de aspersores, camiones de agua o cañones de agua. Si bien son efectivas
30 para reducir temporalmente el polvo, su efectividad puede ser limitada en áreas con baja precipitación o alto volumen de tráfico. Puede ser necesario volver a aplicarlas con frecuencia para mantener el control

del polvo. El uso de sal y cloruros también puede llevar a un aumento de la corrosión de la maquinaria y a la lixiviación en el medio ambiente.

Los supresores de polvo a base de petróleo utilizan compuestos a base de hidrocarburos para controlar el polvo en caminos mineros. Estos productos a menudo se derivan del petróleo crudo o sus subproductos. Las soluciones a base de petróleo funcionan al unir las partículas de polvo, formando una película en la superficie de la carretera, o reduciendo la tensión superficial de las partículas. Estos compuestos tienen buenas propiedades adhesivas, proporcionando un control del polvo más duradero en comparación con las soluciones a base de agua. Sin embargo, pueden tener costos más altos y preocupaciones ambientales potenciales debido a su naturaleza derivada del petróleo. Además, tienden a agrietarse con la humedad. La consideración cuidadosa de los impactos ambientales y la adherencia a las pautas regulatorias son cruciales al utilizar productos a base de petróleo.

Los compuestos sintéticos supresores de polvo utilizan química y compuestos sintéticos para controlar el polvo en caminos mineros. Estos productos son generalmente no corrosivos para la maquinaria y son relativamente fáciles de aplicar en el lugar. Estos productos artificiales y sintéticos pueden reducir hasta un 35% del polvo. Sin embargo, estos productos dependen en gran medida de las características del suelo y la presencia de minerales específicos, y su rendimiento es impredecible.

En cuanto a las formulaciones biológicas supresoras de polvo, este producto es conocido en la técnica, véase por ejemplo en el documento WO2014/198840. Este documento divulga una composición supresora de polvo que comprende un portador y microorganismos con una divulgación vaga sobre el estado físico de las composiciones, pero una lectura cuidadosa revela que solo se describen formulaciones líquidas.

En ese documento, la composición del Ejemplo 1 comprende más del 95% de líquidos (agua y glicerina). El Ejemplo 2 utiliza aproximadamente la misma composición que el ejemplo 1. El Ejemplo 3 establece explícitamente que comprende un portador líquido. El Ejemplo 4 evalúa el efecto supresor de polvo en un portador líquido diferente. Los Ejemplos 5 y 6 utilizan la misma composición líquida supresora de polvo que el ejemplo 1. El Ejemplo 7 utiliza una solución de caldo TY a una concentración del 10% v/v como portador.

El efecto supresor de polvo de las composiciones líquidas del documento WO2014/198840 involucra dos períodos distintos de actividad, dependiendo de cuándo se aplica la composición líquida. Las composiciones líquidas divulgadas consisten típicamente en dos compuestos, a saber, glicerina y agua. El primer período de actividad comienza inmediatamente después de aplicar las composiciones líquidas. En este primer período de actividad, la glicerina, y en menor medida el agua, juegan un papel en la supresión del polvo al humedecer el suelo y prevenir que el polvo se eleve. El segundo período de actividad comienza cuando las bacterias dentro de la composición líquida proliferan y generan una biopelícula. Esta biopelícula se solidifica, uniendo efectivamente las partículas de polvo, mejorando así el efecto supresor de polvo.

Desafortunadamente, con tales composiciones líquidas, ya sean a base de agua o biológicas líquidas, se requieren grandes volúmenes, lo que significa altos requerimientos de energía y costo para transportarlas y almacenarlas.

En el contexto de las consideraciones ambientales, es esencial evaluar cuidadosamente el impacto de las soluciones supresoras de polvo en el ecosistema circundante. Si bien controlar el polvo es crucial para mantener la calidad del aire y salvaguardar la salud de los trabajadores, también es igualmente importante minimizar cualquier efecto adverso potencial en el medio ambiente.

Las formulaciones líquidas se perciben como inapropiadas debido a las implicaciones del almacenamiento y transporte de agua requeridos para llegar a su destino final, lo que podría considerarse ambientalmente perjudicial.

5 La disolución de bacterias en una fase acuosa presenta un problema desafiante debido a su naturaleza hidrofóbica inherente. Las membranas celulares bacterianas están compuestas de lípidos y proteínas que repelen el agua, lo que dificulta su dispersión y disolución uniforme en un medio acuoso.

10 La presente invención se esfuerza por resolver al menos parte de estos inconvenientes al proporcionar un concentrado sólido multifuncional que se puede utilizar para preparar una formulación líquida directamente donde debe aplicarse o que se puede utilizar para mejorar las propiedades de otras composiciones.

15 Otro problema que debe resolverse con la presente invención es poder proporcionar una formulación sólida supresora de polvo, que pueda ser fácilmente preparada, almacenada, transportada y diluida para su uso directamente en el sitio de tratamiento, y para la cual la actividad supresora de polvo de las
20 bacterias se preserve a lo largo del tiempo.

Para resolver estos problemas, se proporciona de acuerdo con la presente invención, una formulación sólida supresora de polvo que se diluye en una fase acuosa, que comprende:

- 25 - del 95 al 99,9 % en peso de una fracción no microbiana con respecto al peso total de la formulación sólida supresora de polvo,
- del 0,1 al 5 % en peso de una serie de especies bacterianas formadoras de biopelícula elegidas del grupo que comprende *Bacillus amyloliquefaciens*,
30 *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* subespecie *Inaquosorum*, *Bacillus subtilis* subespecie *subtilis*, *Bacillus velezensis*, con

respecto al peso total de la formulación sólida supresora de polvo.

Como se puede ver, la formulación de la presente invención comprende 2 elementos, a saber, una fracción no microbiana en proporción del 95 al 99,9, preferiblemente del 95 al 99,5, más preferiblemente del 96 al 99 % en peso y una serie de especies bacterianas formadoras de biopelícula en proporción del 0,1 al 5, preferiblemente del 0,5 al 5, más preferiblemente del 1 al 4 % en peso con respecto al peso total de la formulación sólida supresora de polvo.

Sorprendentemente, los inventores han logrado formular una formulación sólida que permanece estable a lo largo del tiempo después de su preparación, particularmente durante su almacenamiento y transporte.

Además, y aún más sorprendentemente, los inventores han logrado desarrollar una formulación sólida que, además de ser fácil de preparar y permanecer estable a lo largo del tiempo, retiene la actividad de las bacterias para poder formar una biopelícula con el fin de proporcionar actividad supresora de polvo.

Esto es posible gracias a la combinación de una selección específica de especies de bacterias elegidas en el grupo que comprende *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* subespecie *Inaquosorum*, *Bacillus subtilis* subespecie *subtilis*, *Bacillus velezensis*, que son efectivas en la formación de una biopelícula para reducir la emisión de polvo, y una cantidad de dichas bacterias formadoras de biopelículas por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, para asegurar que las bacterias puedan retener su capacidad de formar una biopelícula entre la fabricación de la formulación sólida y su uso posterior *in situ*.

De hecho, la combinación de la selección específica de las especies de bacterias en el grupo que comprende *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus*

pumilis, *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* subespecie *Inaquosorum*, *Bacillus subtilis* subespecie *subtilis*, *Bacillus velezensis* y la cantidad específica de dichas bacterias formadoras de biopelículas por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, permite la generación activa de una biopelícula en la superficie de la carretera que comienza a crecer bastante rápido (dentro de 48 horas) mientras que la fracción no microbiana junto con la fase acuosa actuará como supresora de polvo durante el primer período de tiempo (al menos durante 48h). Esta biopelícula sirve como una matriz protectora, proporcionando un hábitat ideal para que las bacterias prosperen y crezcan. A medida que se aplica el supresor de polvo, las bacterias inician la formación de la biopelícula, uniéndose efectivamente a la superficie de la carretera. La biopelícula mejora su capacidad de adherirse firmemente, asegurando una cobertura máxima y una actividad prolongada.

Además, la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención debe ser diluida en una fase acuosa, preferiblemente en el sitio de uso, y la fracción no microbiana en proporción de 95 a 99,9, preferiblemente de 95 a 99,5, más preferiblemente de 96 a 99 peso%, es preferiblemente una dispersión de partículas de polímero microscópicas en agua. Las partículas no se hunden ni flotan en una emulsión a base de agua, ni se coagulan debido a inestabilidad iónica o estérica. La estabilidad iónica es el resultado de cargas iónicas en las partículas, produciendo una fuerza repulsiva que previene la aglomeración.

Sorprendentemente, se ha demostrado que las propiedades aglutinantes provenientes de la fracción no microbiana en proporción de 95 a 99,9, preferiblemente de 95 a 99,5, más preferiblemente de 96 a 99 peso%, también se logran con partículas de polvo y cuando se aplican a la carretera, ayudan a crear una superficie flexible y resistente que puede soportar las tensiones del tráfico y las condiciones climáticas mientras evita partículas en el aire. Esta elasticidad mejorada juega además un papel en la reducción de la

distancia de frenado en carreteras tratadas. A medida que los vehículos atraviesan la carretera, la superficie tratada con látex absorbe y dispersa energía, resultando en mejor tracción y agarre. En consecuencia, esto conduce a distancias de frenado más cortas y a una mayor seguridad vial en general.

Además, la naturaleza ecológica de la fracción no microbiana la convierte en una opción sostenible, reduciendo el impacto ambiental en comparación con los materiales tradicionales supresores de polvo, por ejemplo, a base de petróleo o sintéticos.

Además, dicha fracción no microbiana es biocompatible con dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo. Esta naturaleza biocompatible permite una integración sin problemas con dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo.

Además, la formulación sólida supresora de polvo se disuelve fácilmente cuando se mezcla con líquidos o cuando se mezcla con supresores de polvo líquidos.

Además, dicha formulación sólida supresora de polvo es más conveniente de almacenar y transportar. Es menos propensa a derrames y fugas que la formulación líquida, lo que las hace más seguras y sencillas de manejar.

Además, usar la fracción no microbiana de la presente invención para solubilizar bacterias en una fase acuosa ofrece una ventaja significativa al reducir considerablemente el tiempo que se tarda en disolver las bacterias. La fracción no microbiana, preferiblemente un aglutinante de látex y/o lignosulfonato y/o sólidos de jarabe de maíz, actúa como un emulsionante, ayudando a mezclar las bacterias y la fase acuosa, resultando en una solubilización más rápida y completa.

En consecuencia, la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención, destinada a ser diluida en una fase acuosa, presenta una acción triple cuando se aplica al sustrato a tratar en el sitio.

Primero, el agua de la fase acuosa actuará inmediatamente como agente humectante al pesar las partículas de polvo y reducir su capacidad de volar.

En segundo lugar y en paralelo, la fracción no microbiana
5 junto con la fase acuosa actuará tanto como crear una superficie flexible y resistente evitando partículas en el aire como matriz protectora para el crecimiento de las bacterias para iniciar la formación de la biopelícula.

En tercer lugar y en paralelo, debido a la presencia de la
10 fracción no microbiana como fuente de alimento y suministro de carbono para dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo, las bacterias generan activamente una biopelícula en la superficie de la carretera mejorando su capacidad de adherirse firmemente y asegurando una cobertura máxima y una actividad prolongada para
15 suprimir las emisiones de polvo.

Otras modalidades de la formulación sólida supresora de polvo se mencionan en las reivindicaciones adjuntas.

Preferiblemente, la serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas de la formulación sólida supresora de polvo
20 de la presente invención contiene al menos 500 millones (5×10^8) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, preferiblemente contiene al menos 600 millones (6×10^8) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, más
25 preferiblemente contiene al menos 700 millones (7×10^8) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, incluso más preferiblemente contiene al menos 800 millones (8×10^8) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo,
30 ventajosamente contiene al menos 900 millones (9×10^8) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, más ventajosamente contiene al menos 1 mil

millones (1×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, preferiblemente contiene al menos 1,5 mil millones ($1,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, más preferiblemente contiene al menos 2 mil millones (2×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, incluso más preferiblemente contiene al menos 2,5 mil millones ($2,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, preferiblemente contiene al menos 3 mil millones (3×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, más preferiblemente contiene al menos 3,5 mil millones ($3,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, incluso más preferiblemente contiene al menos 4 mil millones (4×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, ventajosamente contiene al menos 4,5 mil millones ($4,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, incluso más preferiblemente contiene al menos 5 mil millones (5×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, en particular contiene al menos 5,5 mil millones ($5,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, preferiblemente contiene al menos 6 mil millones (6×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, más preferiblemente contiene al menos 6,5 mil millones ($6,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, en particular contiene al menos 7 mil millones (7×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, más particular contiene al menos

7,5 mil millones ($7,5 \times 10^9$) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, incluso más preferiblemente contiene al menos 8 mil millones (8×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, preferiblemente contiene al menos 9 mil millones (9×10^9) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo, ventajosamente contiene al menos 10 mil millones (1×10^{10}) ufc de bacterias formadoras de biopelículas totales por gramo de dicha formulación sólida supresora de polvo.

Ventajosamente, la serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas de la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención comprende dos o más especies de bacterias formadoras de biopelículas, más preferiblemente comprende tres o más especies de bacterias formadoras de biopelículas, más preferiblemente comprende cuatro o más especies de bacterias formadoras de biopelículas, incluso más preferiblemente comprende cinco o más especies de bacterias formadoras de biopelículas.

De hecho, en la selección de bacterias formadoras de biopelículas realizada por los inventores, en particular *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus subtilis* subespecie *Inaquosorum*, *Bacillus subtilis* subespecie *subtilis*, *Bacillus velezensis*, resulta que cuando están presentes dos, tres, cuatro o incluso cinco o más especies diferentes de bacterias en la formulación sólida de la presente invención, la capacidad de formar una biopelícula y la actividad supresora de polvo se mejoran.

En particular, la serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas de la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención contiene:

- al menos 0,1 millones (1×10^5), en particular al menos 0,5 millones (5×10^5), más particular al menos 0,8 millones

- (8×10^5), preferiblemente al menos 1 millón (1×10^6), más preferiblemente al menos 2 millones (2×10^6), en particular al menos 4 millones (4×10^6), particularmente al menos 4,7 millones ($4,7 \times 10^6$), preferiblemente al menos 5 millones
- 5 (5×10^6), más preferiblemente al menos 10 millones (1×10^7), en particular al menos 20 millones (2×10^7), particularmente al menos 50 millones (5×10^7) preferiblemente al menos 70 millones (7×10^7), más preferiblemente al menos 100 millones (1×10^8),
- 10 particularmente al menos 150 millones ($1,5 \times 10^8$) preferiblemente al menos 200 millones (2×10^8), más preferiblemente al menos 250 millones ($2,5 \times 10^8$), en particular al menos 300 millones (3×10^8), particularmente al menos 350 millones ($3,5 \times 10^8$), más preferiblemente al
- 15 menos 400 millones (4×10^8), particularmente al menos 450 millones ($4,5 \times 10^8$), más preferiblemente al menos 500 millones (5×10^8), ufc de *Bacillus licheniformis* por gramo de la formulación sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fecha en
- 20 1998), y/o
- al menos 10 millones (1×10^7), preferiblemente al menos 50 millones (5×10^7), más preferiblemente al menos 100 millones (1×10^8), en particular al menos 200 millones (2×10^8), particularmente al menos 300 millones (3×10^8),
- 25 ventajosamente al menos 400 millones (4×10^8), más particular al menos 500 millones (6×10^8), en particular al menos 700 millones (7×10^8), preferiblemente al menos 800 millones (8×10^8), aún más preferiblemente al menos 900 millones (9×10^8), por ejemplo al menos 920 millones
- 30 ($9,2 \times 10^8$), preferiblemente al menos 950 millones ($9,5 \times 10^8$), más preferiblemente al menos 1 mil millones (1×10^9), ufc de *Bacillus megaterium* por gramo de la formulación

- sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fecha en 1998), y/o
- 5 - al menos 100 mil (1×10^5), preferiblemente al menos 300 mil (3×10^5), más particular 500 mil (5×10^5), más preferiblemente al menos 830 mil ($8,3 \times 10^5$), en particular al menos 1 millón (1×10^6), particularmente al menos 2 millones (2×10^6), ventajosamente al menos 3 millones (3×10^6), más particular al menos 4 millones (4×10^6), ufc de *Bacillus amyloliquefaciens* por gramo de la formulación
- 10 sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fecha en 1998), y/o
- 15 - al menos 100 millones (1×10^8), particularmente al menos 250 millones ($2,5 \times 10^8$), preferiblemente al menos 400 millones (4×10^8), más preferiblemente al menos 600 millones (6×10^8), en particular al menos 750 millones ($7,5 \times 10^8$), particularmente al menos 800 millones (8×10^8), más preferiblemente al menos 900 millones (9×10^8), en particular al menos 1 mil millones (1×10^9), preferiblemente al menos 2 mil millones (2×10^9), más particular 2,8 mil millones ($2,8 \times 10^9$), más preferiblemente al menos 3,6 mil millones ($3,6 \times 10^9$), en particular al menos 5 mil millones (5×10^9), particularmente al menos 7 mil millones (7×10^9), ventajosamente al menos 7,2 mil millones ($7,2 \times 10^9$), más particular al menos 8 mil millones (8×10^9), particularmente al menos 8,5 mil millones ($8,5 \times 10^9$), ufc de *Bacillus subtilis* por gramo de la formulación sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fecha en 1998), y/o
- 20
- 25 - al menos 0,1 mil millones (1×10^8), preferiblemente al menos 0,3 mil millones (3×10^8), más particular 0,5 mil millones (5×10^8), más preferiblemente al menos 0,8 mil millones (8×10^8), en particular al menos 1 mil millones
- 30

- (1×10^9), particularmente al menos 2 mil millones (2×10^9), ventajosamente al menos 3 mil millones (3×10^9), más particular al menos 3,2 mil millones ($3,2 \times 10^9$), preferiblemente al menos 4 mil millones (4×10^9), ventajosamente al menos 5 mil millones (5×10^9), más particular al menos 7 mil millones (7×10^9) ufc de *Bacillus subtilis* subespecie *Inaquosorum* por gramo de la formulación sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fecha en 1998), y/o
- 5
- 10
- al menos 0,1 mil millones (1×10^8), preferiblemente al menos 0,3 mil millones (3×10^8), más particular 0,5 mil millones (5×10^8), más preferiblemente al menos 0,8 mil millones (8×10^8), en particular al menos 1 mil millones
- 15
- (1×10^9), particularmente al menos 2 mil millones (2×10^9), ventajosamente al menos 3 mil millones (3×10^9), más particular al menos 3,2 mil millones ($3,2 \times 10^9$), preferiblemente al menos 4 mil millones (4×10^9), ventajosamente al menos 5 mil millones (5×10^9), más particular al menos 7 mil millones (7×10^9) ufc de *Bacillus subtilis* subespecie *subtilis* por gramo de la formulación sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fecha en 1998), y/o
- 20
- al menos 10 millones (1×10^7), preferiblemente al menos 50 millones (5×10^7), más particularmente 100 millones (1×10^8), más preferiblemente al menos 200 millones (2×10^8), en particular al menos 300 millones (3×10^8), particularmente al menos 350 millones ($3,5 \times 10^8$), ventajosamente al menos 400 millones (4×10^8), más particularmente al menos 450 millones ($4,5 \times 10^8$), incluso más preferiblemente al menos 500 millones (5×10^8) ufc de *Bacillus pumilis* por gramo de la formulación sólida supresora de polvo medida de
- 25
- 30

acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fechada en 1998), y/o

- al menos 0,1 mil millones (1×10^8), preferiblemente al menos 0,5 mil millones (5×10^8), más particularmente 0,8 mil millones (8×10^8), más preferiblemente al menos 1 mil millones (1×10^9), en particular al menos 2 mil millones (2×10^9), particularmente al menos 2,5 mil millones ($2,5 \times 10^9$), ventajosamente al menos 3 mil millones (3×10^9), más particularmente al menos 3,5 mil millones ($3,5 \times 10^9$), incluso más preferiblemente al menos 4 mil millones (4×10^9), ventajosamente al menos 4,5 mil millones ($4,5 \times 10^9$), en particular al menos 5 mil millones (5×10^9) ufc de *Bacillus velezensis* por gramo de la formulación sólida supresora de polvo medida de acuerdo con la norma ASTM-D5465-93 (fechada en 1998).

Más preferiblemente, la fracción no microbiana de la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención comprende un polímero, como un aglutinante de látex y/o un lignosulfonato, y/o sólidos de jarabe de maíz o sólidos de jarabe de glucosa, preferiblemente dicho aglutinante de látex es un aglutinante de látex de base biológica, en particular un aglutinante de látex de base biológica que tiene propiedades surfactantes, más preferiblemente un aglutinante de látex de almidón de base biológica, más particularmente un aglutinante de látex de almidón modificado de base biológica.

Incluso más preferiblemente, dicha fracción no microbiana de la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención comprende un aglutinante de látex y un lignosulfonato y/o sólidos de jarabe de maíz, con una relación entre dicho lignosulfonato y dichos sólidos de jarabe de maíz que comprende entre 1:99 y 99:1. Más particularmente, dicha relación entre dicho lignosulfonato y dichos sólidos de jarabe de maíz está comprendida entre 5:95 y 95:5, 10:90 y

90:10, 15:85 y 85:15, 20:80 y 80:20, 25:75 y 75:25, 30:70 y 70:30, 35:65 y 65:35, 40:60 y 60:40, 45:55 y 55:45, 50:50 y 50:50, 55:45 y 45:55, 60:40 y 40:60, 65:35 y 35:65, 70:30 y 30:70, 75:25 y 25:75, 80:20 y 20:80, 85:15 y 15:85, 90:10 y 10:90, 95:5 y 5:95. En particular, el aglutinante de látex es una dispersión de partículas de polímero microscópicas en agua. Las partículas no se hunden ni flotan en una emulsión a base de agua, ni se coagulan debido a la inestabilidad iónica o estérica. La estabilidad iónica es el resultado de cargas iónicas en las partículas, produciendo una fuerza repulsiva que previene la aglomeración.

10 Por ejemplo, en el recubrimiento de papel, el látex se utiliza para anclar los pigmentos a la superficie del papel crudo, dando así al papel de calidad el acabado deseado y una excelente calidad de impresión; en la producción de revestimientos para pisos, el látex se utiliza para unir pigmentos a fibras textiles y estas fibras entre sí.

15 Además, la naturaleza ecológica del látex lo convierte en una opción sostenible, reduciendo el impacto ambiental en comparación con los materiales tradicionales supresores de polvo, por ejemplo, a base de petróleo o sintéticos.

Además, dicho látex es biocompatible con dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo. Esta naturaleza biocompatible permite una integración fluida con dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo.

Además, usar un aglutinante de látex para solubilizar bacterias en una fase acuosa ofrece una ventaja significativa al reducir considerablemente el tiempo que se tarda en disolver las bacterias. El aglutinante de látex actúa como un emulsionante, ayudando a mezclar las bacterias y la fase acuosa, resultando en una solubilización más rápida y completa.

Además, usar un aglutinante de látex de base biológica contribuye a un enfoque más sostenible y consciente del medio ambiente. El aglutinante de látex de base biológica se deriva de

recursos renovables, como material vegetal, lo que lo convierte en una opción más ecológica que ayuda a reducir la huella de carbono total.

Además, los aglutinantes de látex de base biológica demuestran una excelente biocompatibilidad, asegurando la
5 estabilidad y longevidad de las bacterias.

Además, las propiedades surfactantes del aglutinante de látex de base biológica mejoran su efectividad en la solubilización de bacterias en fases acuosas. Los surfactantes son agentes activos en superficie que reducen la tensión superficial entre líquidos, permitiendo
10 una mejor mezcla y dispersión del aglutinante dentro del medio acuoso. Cuando se utilizan para solubilizar bacterias, las propiedades surfactantes del aglutinante de látex de base biológica promueven una emulsificación más rápida y eficiente, creando una mezcla homogénea con las bacterias. Esto resulta en una solubilización más rápida,
15 ahorrando tiempo valioso.

Además, la naturaleza surfactante del aglutinante de látex de base biológica mejora su capacidad para estabilizar las bacterias solubilizadas a lo largo del tiempo. Al formar micelas o estabilizar la interfaz entre las bacterias y la fase acuosa, ayuda a prevenir la
20 agregación o precipitación, asegurando la integridad de la solución bacteriana incluso durante períodos prolongados de almacenamiento.

Además, los aglutinantes de látex de almidón tienen una excelente biodegradabilidad, lo que les permite descomponerse naturalmente con el tiempo sin dejar residuos dañinos. Esta
25 característica es beneficiosa para reducir residuos y la contaminación ambiental.

Además, una ventaja significativa de un aglutinante de látex de almidón modificado de base biológica radica en su rendimiento mejorado en comparación con los aglutinantes de almidón
30 tradicionales. A través de la modificación, el aglutinante gana estabilidad, versatilidad y propiedades adhesivas mejoradas. Esto resulta en un enlace más fuerte y duradero.

Incluso más preferiblemente, la fracción no microbiana de la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención está en forma de polvo.

5 Esto ofrece la ventaja de una formulación sólida de la presente invención en la que la serie de bacterias está en forma sólida, al igual que el aglutinante de látex, lo que facilita su transporte, almacenamiento y asegura estabilidad a lo largo del tiempo.

10 Ventajosamente, la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención comprende del 95 al 99,5 % en peso de dicha fracción no microbiana y del 0,5 al 5 % en peso de dicha fracción microbiana, preferiblemente del 96 al 99,5 % en peso de dicha fracción no microbiana y del 0,5 al 4 % en peso de dicha fracción microbiana, más preferiblemente comprendiendo del 96 al 99 % en peso de dicha fracción no microbiana y del 1 al 4 % en peso de dicha fracción microbiana, más preferiblemente comprendiendo del 96 al 98 % en peso de dicha fracción no microbiana y del 2 al 4 % en peso de dicha fracción microbiana, incluso más preferiblemente comprendiendo del 97 al 98 % en peso de dicha fracción no microbiana y del 2 al 3 % en peso de dicha fracción microbiana. Preferiblemente, la formulación

20 sólida supresora de polvo de la presente invención comprende uno o más aditivos sólidos que se eligen en el grupo que comprende humectantes, modificadores de viscosidad, conservantes, tensioactivos, dispersantes, electrolitos, agentes emulsionantes, modificadores de pH, pigmentos, descongelantes y sus combinaciones.

25 Preferiblemente, dicho humectante se elige en el grupo que comprende lignosulfonatos, glicerina, alcoholes de azúcar como por ejemplo sorbitol, xilitol, melaza, aceites vegetales y sus combinaciones.

Preferiblemente, dicho conservante es 2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol (bronopol) y similares.

30 Preferiblemente, dicho tensioactivo se elige en el grupo de la línea de tensioactivos Lutensol®, extractos de *Yucca schidigera*,

fenoles alquilo etoxilados, siliconas organomodificadas, rhamnolípidos, soforolípidos, etoxilatos de alcohol y sus combinaciones.

Preferiblemente, dicho descongelante es un descongelante ecológico, por ejemplo, formiato de potasio y similares.

5 Preferiblemente, uno o más aditivos de dicha formulación sólida supresora de polvo de la presente invención están en forma sólida.

Otras modalidades de la formulación sólida supresora de polvo de la presente invención se mencionan en las reivindicaciones
10 adjuntas.

La presente invención también se refiere a una formulación diluida supresora de polvo que comprende del 0,1 al 30 % en peso de dicha formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la presente invención, y agua hasta el 100 % en peso.

15 Por ejemplo, dicha formulación de supresor de polvo diluido comprende 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8, 2,9, 3,0, 3,1, 3,2, 3,3, 3,4, 3,5, 3,6, 3,7, 3,8, 3,9, 4,0, 4,1, 4,2, 4,3, 4,4, 4,5, 4,6, 4,7, 4,8, 4,9, 5,0, 5,1, 5,2, 5,3, 5,4, 5,5, 5,6, 5,7, 5,8, 5,9, 6,0, 6,1, 6,2, 6,3, 6,4, 6,5, 6,6, 6,7, 6,8, 6,9, 7,0,
20 7,1, 7,2, 7,3, 7,4, 7,5, 7,6, 7,7, 7,8, 7,9, 8,0, 8,1, 8,2, 8,3, 8,4, 8,5, 8,6, 8,7, 8,8, 8,9, 9,0, 9,1, 9,2, 9,3, 9,4, 9,5, 9,6, 9,7, 9,8, 9,9, 10,0, 10,1, 10,2, 10,3, 10,4, 10,5, 10,6, 10,7, 10,8, 10,9, 11,0, 11,1, 11,2, 11,3, 11,4, 11,5, 11,6, 11,7, 11,8, 11,9, 12,0, 12,1, 12,2, 12,3, 12,4, 12,5, 12,6, 12,7, 12,8, 12,9, 13,0, 13,1, 13,2, 13,3, 13,4, 13,5, 13,6, 13,7, 13,8, 13,9, 14,0, 14,1, 14,2, 14,3, 14,4, 14,5, 14,6,
25 14,7, 14,8, 14,9, 15,0, 15,1, 15,2, 15,3, 15,4, 15,5, 15,6, 15,7, 15,8, 15,9, 16,0, 16,1, 16,2, 16,3, 16,4, 16,5, 16,6, 16,7, 16,8, 16,9, 17,0, 17,1, 17,2, 17,3, 17,4, 17,5, 17,6, 17,7, 17,8, 17,9, 18,0, 18,1, 18,2, 18,3, 18,4, 18,5, 18,6, 18,7, 18,8, 18,9, 19,0, 19,1, 19,2, 19,3, 19,4, 19,5, 19,6, 19,7, 19,8, 19,9, 20,0, 20,1, 20,2, 20,3, 20,4, 20,5, 20,6, 20,7, 20,8, 20,9, 21,0, 21,1, 21,2, 21,3, 21,4, 21,5, 21,6,
30 21,7, 21,8, 21,9, 22,0, 22,1, 22,2, 22,3, 22,4, 22,5, 22,6, 22,7, 22,8, 22,9, 23,0, 23,1, 23,2, 23,3, 23,4, 23,5, 23,6, 23,7, 23,8, 23,9, 24,0, 24,1, 24,2, 24,3, 24,4, 24,5, 24,6, 24,7, 24,8, 24,9, 25,0, 25,1, 25,2, 25,3, 25,4, 25,5, 25,6, 25,7, 25,8,

25,9, 26,0, 26,1, 26,2, 26,3, 26,4, 26,5, 26,6, 26,7, 26,8, 26,9, 27,0, 27,1, 27,2, 27,3, 27,4, 27,5, 27,6, 27,7, 27,8, 27,9, 28,0, 28,1, 28,2, 28,3, 28,4, 28,5, 28,6, 28,7, 28,8, 28,9, 29,0, 29,1, 29,2, 29,3, 29,4, 29,5, 29,6, 29,7, 29,8, 29,9 % en peso de dicha formulación sólida de supresor de polvo de acuerdo con la presente invención, y agua hasta 100 % en peso.

La presente invención también se refiere a una composición líquida supresora de polvo que comprende:

- del 10 al 99 % en peso de agua en función del peso de dicha composición líquida,
- del 10 al 90 % en peso de uno o más aditivos en función del peso de dicha composición líquida,
- del 0,1 al 30 % en peso de la formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención en función del peso de dicha composición líquida.

La composición líquida supresora de polvo de la presente invención presenta ventajosamente una acción triple cuando se aplica al sustrato a tratar.

En primer lugar, el agua y el uno o más aditivos de dicha composición líquida actuarán inmediatamente como agente humectante al pesar las partículas de polvo y reducir su capacidad de volar.

En segundo lugar y en paralelo, la fracción no microbiana (preferiblemente el aglutinante de látex y/o el lignosulfonato y/o los sólidos de jarabe de maíz y/u otros aditivos (goma xantana, glicerina, goma de acacia, celulosa y similares, sus derivados y su combinación)), junto con la fase acuosa, actuarán tanto como para crear una superficie flexible y resistente que evite las partículas en el aire como como matriz protectora para el crecimiento de las bacterias que inician la formación de la biopelícula.

En tercer lugar y en paralelo, debido a la presencia de la fracción no microbiana, preferiblemente el aglutinante de látex y/o el lignosulfonato y/o los sólidos de jarabe de maíz y/u otros aditivos (goma

xantana, glicerina, goma de acacia, celulosa y similares, sus derivados y su combinación) como fuente de alimento y suministro de carbono para dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo, las bacterias generan activamente una biopelícula en la superficie de la carretera
5 mejorando su capacidad de adherirse firmemente y asegurando una cobertura máxima y una actividad prolongada para suprimir las emisiones de polvo.

Otras modalidades de la composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la presente invención se mencionan en las
10 reivindicaciones adjuntas.

Ventajosamente, dicha composición líquida supresora de polvo de la presente invención comprende:

- 15 - del 15 % al 99 % en peso, en particular del 20 % al 99 %, más particularmente del 25 % al 99 %, aún más particularmente del 30 % al 99 %, ventajosamente del 35 % al 99 %, preferiblemente del 40 % al 99 %, más preferiblemente del 50 % al 99 %, aún más preferiblemente del 60 % al 99 %, ventajosamente del 70 % al 99 %, en particular del 75 % al 99 % de agua en
20 función del peso de dicha composición líquida, y/o
- del 10 % al 85 %, preferiblemente del 10 % al 80 %, más preferiblemente del 10 % al 70 %, aún más preferiblemente del 10 % al 60 %, ventajosamente del 10 % al 50 %, en particular del 10 % al 40 %, particularmente
25 del 10 % al 30 %, aún más preferiblemente del 10 % al 25 %, ventajosamente del 15 % al 20 % de dicho uno o más aditivos en función del peso de dicha composición líquida, y/o
- 30 - del 0,1 % al 30 % en peso de la formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención en función del peso de dicha composición líquida, por ejemplo 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2,0 %, 3,0 %, 4,0 %, 5,0 %, 6,0 %, 7,0 %, 8,0 %, 9,0 %, 10 %, 11 %, 12 %, 13 %, 14 %, 15 %, 16 %, 17 %, 18 %, 19 %, 20 %, 21 %, 22 %, 23 %, 24 %, 25 %, 26 %, 27 %, 28 %, 29 %, 30 %, 31 %, 32 %, 33 %, 34 %, 35 %, 36 %, 37 %, 38 %, 39 %, 40 %, 41 %, 42 %, 43 %, 44 %, 45 %, 46 %, 47 %, 48 %, 49 %, 50 %, 51 %, 52 %, 53 %, 54 %, 55 %, 56 %, 57 %, 58 %, 59 %, 60 %, 61 %, 62 %, 63 %, 64 %, 65 %, 66 %, 67 %, 68 %, 69 %, 70 %, 71 %, 72 %, 73 %, 74 %, 75 %, 76 %, 77 %, 78 %, 79 %, 80 %, 81 %, 82 %, 83 %, 84 %, 85 %, 86 %, 87 %, 88 %, 89 %, 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 100 %.

7,0 %, 8,0 %, 9,0 %, 10,0 %, 11,0 %, 12,0 %, 13,0 %, 14,0 %, 15,0 %, 16,0 %, 17,0 %, 18,0 %, 19,0 %, 20,0 %, 21,0 %, 22,0 %, 23,0 %, 24,0 %, 25,0 %, 26,0 %, 27,0 %, 28,0 %, 29,0 %.

Preferiblemente, el uno o más aditivos de la composición líquida supresora de polvo de la invención se elige en el grupo que comprende humectantes, modificadores de viscosidad, conservantes, tensioactivos, dispersantes, electrolitos, agentes emulsionantes, modificadores de pH, pigmentos, descongelantes y sus combinaciones.

Preferiblemente, dicho humectante se elige en el grupo que comprende lignosulfonatos, glicerina, alcoholes de azúcar, por ejemplo, sorbitol, xilitol, melaza, aceites vegetales y sus combinaciones.

Preferiblemente, dicho conservante es el 2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol (bronopol) y similares.

Preferiblemente, dicho tensioactivo se elige en el grupo que comprende la línea de tensioactivos Lutensol®, extractos de *Yucca schidigera*, fenoles alquilados etoxilados, silicona organomodificada, rhamnolípidos, soforolípidos, etoxilatos de alcohol y sus combinaciones.

Preferiblemente, dicho descongelante es un descongelante ecológico, por ejemplo, formiato de potasio y similares.

Preferiblemente, el uno o más aditivos de dicha composición líquida supresora de polvo de la presente invención está en forma de una fase acuosa.

Ventajosamente, la composición líquida supresora de polvo de la presente invención tiene una densidad aparente de 1,05 a 1,3 kg/L, por ejemplo 1,06 kg/L, 1,07 kg/L, 1,08 kg/L, 1,09 kg/L, 1,10 kg/L, 1,11 kg/L, 1,12 kg/L, 1,13 kg/L, 1,14 kg/L, 1,15 kg/L, 1,16 kg/L, 1,17 kg/L, 1,18 kg/L, 1,19 kg/L, 1,20 kg/L, 1,21 kg/L, 1,22 kg/L, 1,23 kg/L, 1,24 kg/L, 1,25 kg/L, 1,26 kg/L, 1,27 kg/L, 1,28 kg/L, 1,29 kg/L.

La presente invención también se refiere a una composición líquida supresora de polvo lista para usar que comprende una relación en peso definida entre dicha composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención y agua o entre dicha formulación sólida

supresora de polvo de acuerdo con la invención y agua, comprendida entre 99/1 y 1/99.

Además, el beneficio de la incorporación de polímero, más particularmente látex y/o lignosulfonato y/o sólidos de jarabe de maíz y/o aditivos (goma xantana, glicerina, goma de acacia, celulosa y similares, sus derivados y su combinación) en la composición líquida supresora de polvo lista para usar radica en su papel como fuente de alimento y suministro de carbono para dicha serie de especies bacterianas supresoras de polvo. A medida que se aplica la composición líquida supresora de polvo lista para usar a las carreteras, el polímero, más particularmente látex y/o lignosulfonato y/o sólidos de jarabe de maíz se vuelve fácilmente disponible para las bacterias supresoras de polvo presentes en la solución. Estas bacterias supresoras de polvo prosperan y proliferan en la superficie tratada.

Como resultado, la composición líquida supresora de polvo lista para usar se vuelve aún más potente en sus capacidades de control de polvo, mientras las bacterias florecen y continúan su trabajo esencial en la formación de biopelículas.

Otras modalidades de la composición líquida supresora de polvo lista para usar de acuerdo con la presente invención se mencionan en las reivindicaciones adjuntas.

Ventajosamente, dicha relación de peso de la composición líquida supresora de polvo lista para usar de la invención definida entre dicha composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención y agua o entre dicha formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención y agua es preferiblemente de 95/5 a 5/95, de 90/10 a 10/90, de 85/15 a 15/85, de 80/20 a 20/80, de 75/25 a 25/75, de 70/30 a 30/70, de 65/35 a 35/65, de 60/40 a 40/60, de 55/45 a 45/50.

La presente invención también se relaciona con un método para suprimir el polvo, que comprende aplicar la formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la presente invención, o la formulación supresora de polvo diluida de acuerdo con la presente

invención, o la composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención, o aplicar la composición líquida supresora de polvo lista para usar de acuerdo con la invención, a un sustrato, preferiblemente el paso de aplicación se repite más de una vez, más preferiblemente dos veces, incluso más preferiblemente tres veces, en particular cuatro veces, más particularmente cinco veces, ventajosamente seis veces, más ventajosamente siete veces, preferiblemente ocho veces, en particular nueve veces, por ejemplo diez veces o más.

5
10 Otras modalidades del método para suprimir el polvo de acuerdo con la presente invención se mencionan en las reivindicaciones adjuntas.

Ventajosamente, el sustrato del método de la presente invención se elige en el grupo que comprende: una carretera, una superficie que comprende polvo o suciedad, un camino minero, un sitio de construcción, un sendero, una pista de carreras, una superficie de carreras de animales, una pista de caballos, pilas de material, área de vertido, vertederos, una superficie no pavimentada.

15 La presente invención también se relaciona con la utilización de la formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención, o la formulación supresora de polvo diluida de acuerdo con la invención, o la composición líquida supresora de polvo y/o la composición líquida supresora de polvo lista para usar de acuerdo con la invención para suprimir el polvo en un sustrato, preferiblemente en una superficie no pavimentada.

20 25 Preferiblemente, los componentes y/o productos y/o ingredientes de la presente invención son de origen biológico.

Otras características y ventajas de la presente invención se derivarán de la siguiente descripción no limitante, y haciendo referencia a los ejemplos.

30 **Ejemplos. -**

Se probaron varias formulaciones para la supresión de polvo para evaluar el efecto supresor de polvo de la composición líquida de la presente invención, mediante una prueba de caída.

Ejemplo 1. – Preparación de muestras y prueba de supresión

5 de polvo

Se produjeron trece tratamientos que incluyen un control positivo (solo agua), un control negativo (sin tratar), y once formulaciones sólidas en polvo (Tabla 1).

10 Para las pruebas de supresión de polvo, estas formulaciones sólidas se combinarán además con agua y/u otros ingredientes líquidos para producir composiciones líquidas.

Tabla 1:

	Fracción microbiana	Fracción no microbiana		
Fórmula	Especies bacterianas formadoras de biopelículas	Agente aglutinante de látex	Goma xantana	Lignosulfonato
F1 (-)	n/a			
F2 (+)	2,0 %	98,0 %		
F3 (-)	100,0 %	0,0 %		
F4 (-)	2,0%	98,0 %		
F5 (-)		100,0 %		
F6 (-)		100,0 %		
F7 (-)	100,0 %			
F8 (-)	n/a			
F9 (+)	1,2 %	58,2 %	40,7 %	
F10 (+)	0,1 %	3,5 %		96,5 %
F11 (+)	0,1 %	6,7 %		93,2 %
F12 (+)	0,8 %	41,4 %	57,8 %	
F13 (+)	1,2 %	58,2 %	40,7 %	

Condición **F1 (-)** es solo agua (control).

Condición **F2 (+)** es una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla sólida de 2,0% de una serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas y 98,0% de un aglutinante de látex.

Condición **F3 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **F2**, incluyendo solo bacterias (100%). Esta condición no comprende un aglutinante de látex.

Condición **F4 (-)** en la etapa de formulación sólida es idéntica a la condición **F2** (2,0% de una serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas y 98,0% de un aglutinante de látex).

Condición **F5 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **F2**, incluyendo solo aglutinante de látex (100%). Esta condición no comprende bacterias.

Condición **F6 (-)** en la etapa de formulación sólida es idéntica a la condición **F5** (100% aglutinante de látex). Esta condición no comprende bacterias.

Condición **F7 (-)** en la etapa de formulación sólida es idéntica a la condición **F3** incluyendo solo bacterias (100%). Esta condición no comprende un aglutinante de látex.

Condición **F8 (-)** es control negativo (piedra no tratada).

Condición **F9 (+)** es una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 1,2% de dicha serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas, 58,2% de aglutinante de látex y 40,7% de goma xantana.

Condición **F10 (+)** es una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 0,1% de dicha serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas, 3,5% de aglutinante de látex y 96,5% de lignosulfonato.

Condición **F11 (+)** es una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 0,1% de

dicha serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas, 6,7% de aglutinante de látex y 93,2% de lignosulfonato.

Condición **F12 (+)** es una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 0,8% de dicha serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas, 41,4% de aglutinante de látex y 57,8% de goma xantana.

Condición **F13 (+)** es una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 1,2% de dicha serie de especies de bacterias formadoras de biopelículas, 58,2% de aglutinante de látex y 40,7% de goma xantana.

Estas formulaciones sólidas **F1** a **F13** han sido combinadas con agua y/u otros ingredientes líquidos para producir composiciones líquidas **C1** a **C13** (Tabla 2).

Tabla 2:

Composiciones líquidas	Formulación sólida según la Tabla 1	Glicerina	Agua
C1 (-)	0,00 %		100%
C2 (+)	0,97 % de F2	82,84%	16,19%
C3 (-)	0,02 % de F3	82,84%	17,14%
C4 (-)	0,97 % de F4		99,03%
C5 (-)	0,95 % de F5	82,84%	16,21%
C6 (-)	0,95 % de F7		99,05%
C7 (-)	0,02 % de F8		99,98%
C8 (-)	0,00 %		
C9 (+)	1,64 % de F10	15,33%	83,03%
C10 (+)	27,64 % de F11		72,36%
C11 (+)	14,31 % de F12	15,33%	70,36%
C12 (+)	2,31 % de F13		97,69%
C13 (+)	1,64 % de F14		98,36%

Condición **C1 (-)** es agua solo aplicada a dicho polvo de piedra no tratado.

Condición **C2 (+)** es una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 0,97% de la formulación **F2** con 82,84% de glicerina y 16,19% de agua.

Condición **C3 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **C2**, incluyendo 0,02% de la formulación **F3**, 82,84% de glicerina y 17,14% de agua. Esta composición **C3** no comprende un aglutinante de látex.

5 Condición **C4 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **C2**, incluyendo 0,97% de la formulación **F4** y 99,03% de agua. Esta composición **C4** no comprende glicerina como aditivo.

 Condición **C5 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **C2**, incluyendo 0,95% de la formulación **F5**, 82,84% de glicerina y 16,21% de agua. Esta composición **C5** no comprende especies de bacterias supresoras de polvo.

10

 Condición **C6 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **C2**, incluyendo 0,95% de la formulación **F6** y 99,05% de agua. Esta composición **C6** no comprende especies de bacterias supresoras de polvo ni aditivos.

15

 Condición **C7 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **C2**, incluyendo 0,02% de la formulación **F7** y 99,98% de agua. Esta composición **C7** no comprende aglutinante de látex ni aditivos.

 Condición **C8 (-)** es control negativo (piedra no tratada).

20 Condición **C9 (+)** es una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 1,64% de dicha formulación **F9** de acuerdo con la invención con 15,33% de glicerina y 83,03% de agua.

 Condición **C10 (+)** es una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 27,64% de dicha formulación **F10** de acuerdo con la invención con 72,36% de agua.

25

 Condición **C11 (+)** es una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 14,31% de dicha formulación **F11** de acuerdo con la invención con 15,33% de glicerina y 70,36% de agua.

30

Condición **C12 (+)** es una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 2,31% de dicha formulación **F12** de acuerdo con la invención con 97,69% de agua.

5 Condición **C13 (+)** es una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 1,64% de dicha formulación **F13** de acuerdo con la invención con 98,36% de agua.

10 Estas composiciones líquidas C1 a C13 fueron diluidas antes de la aplicación para crear una composición lista para usar mezclando cada composición C1 a C13 a una tasa de 75% C1-C13 a 25% de agua. Estas composiciones diluidas listas para usar (RtU C) fueron luego aplicadas a muestras de 25 gramos de polvo de piedra no tratado utilizando una boquilla de pulverización para añadir 1 gramo de
15 solución, logrando una distribución uniforme. Las muestras fueron almacenadas en recipientes abiertos hasta ser analizadas para emisiones de polvo, lo cual tuvo lugar en varias fechas después del tratamiento.

20 Las emisiones de polvo de cada muestra fueron evaluadas dejando caer **25** gramos de material en una cámara cerrada mientras un monitor de polvo adjunto registraba partículas en el aire a lo largo del tiempo. Las pruebas se realizaron **día 7** después del tratamiento.

La metodología de la prueba de caída:

- 25 1. Mida 25 gramos de cada muestra tratada en platos limpios etiquetados.
2. Procese cada muestra una a la vez utilizando el siguiente procedimiento de prueba de caída:
- 30 a. Conecte el Monitor de Aerosoles DustTrak DRX 8533 al cilindro de caída (1,5 m de altura, 15 cm de diámetro) utilizando la manguera flexible (Figura 3), puerto de muestreo del monitor DustTrak a 1/3 de la altura de dicho cilindro.

- b. Configure el Modo de Ejecución del DustTrak a una duración de 2 minutos, con una frecuencia de muestreo de 1 segundo.
 - c. Inicie el registro del DustTrak.
 - 5 d. Espere 30 segundos para permitir que las lecturas se estabilicen a un nivel de fondo consistente.
 - e. Levante la tapa superior del cilindro, deje caer rápidamente el material de la muestra en el cilindro y vuelva a colocar la tapa superior.
 - 10 f. Permita que el DustTrack funcione durante toda la duración de 2 minutos.
 - g. Desconecte el DustTrack, limpie el cilindro de caída utilizando paños y hojas antiestáticas.
 - h. Deseche el material de muestra caído y limpie la placa inferior.
 - 15 i. Reemplace el equipo y proceda a la siguiente muestra.
3. Importe los datos en Excel, calcule el nivel máximo de polvo registrado para cada muestra y produzca estadísticas resumidas.

20

Tabla de resultados 3:

Composición lista para usar	PM10 (mg/m3) máximo 7 días después el tratamiento Promedio de 3 muestras por tratamiento	
	Promedio	% diferencia vs. Control (C1)
Lista para usar C1 (-)	142,67	n/a
Lista para usar C2 (+)	32,28	-77%
Lista para usar C3 (-)	55,03	-61%
Lista para usar C4 (-)	131,93	-8%
Lista para usar C5 (-)	21,69	-85%
Lista para usar C6 (-)	103,63	-27%
Lista para usar C7 (-)	123,87	-13%
Lista para usar C8 (-)	150	+5%
Lista para usar C9 (+)	114,4	-20%
Lista para usar C10 (+)	29,17	-80%
Lista para usar C11 (+)	43	-70%
Lista para usar C12 (+)	97,23	-32%

Lista para usar C13 (+)	62,4	-56%
-------------------------	------	------

Discusión de resultados:

Como se explicó anteriormente, la composición líquida supresora de polvo de la presente invención y la composición lista para
5 usar de la presente invención presentan una acción triple cuando se aplican al sustrato a tratar.

En primer lugar, el agua actuará inmediatamente como agente humectante al pesar las partículas de polvo y reducir su capacidad de volar.

10 Esta primera acción tiene lugar durante los primeros 1 a 5 días de aplicación y explica por qué después de 7 días la condición lista para usar C1 (-) que es solo agua da resultados similares a la piedra no tratada (condición lista para usar C8 (-)), debido a la evaporación del agua.

15 En paralelo, los aditivos (glicerina y/o goma xantana) y el polímero (aglutinante de látex y/o lignosulfonato) junto con la fase acuosa actuarán tanto como creando una superficie flexible y resistente evitando partículas en el aire como una matriz protectora para el crecimiento de las bacterias para iniciar la formación de la biopelícula.

20 Esta segunda acción comienza en paralelo con la acción del agua y continúa actuando después de 7 días desde la aplicación.

En tercer lugar y nuevamente en paralelo con la primera y segunda acciones, debido a la presencia del aglutinante de látex y/o el lignosulfonato y/o la glicerina y/o la goma xantana como fuente de
25 alimento y suministro de carbono para dicha serie de especies de bacterias supresoras de polvo, las bacterias generan activamente una biopelícula en la superficie de la piedra mejorando su capacidad de adherirse firmemente y asegurando una cobertura máxima y actividad prolongada para suprimir las emisiones de polvo.

Esta tercera acción comienza lentamente los primeros 7 días después de la aplicación y muestra un efecto significativo después de 7 días de la aplicación.

5 La composición lista para usar C2 de acuerdo con la presente invención muestra una reducción de -77% de PM10 (mg/m3) de polvo en comparación con la condición de control (solo agua).

En comparación con ejemplos comparativos (condiciones listas para usar C3 y C4) que respectivamente no tienen aglutinante de látex y no tienen glicerina muestran resultados inferiores en términos de
10 reducción de polvo, respectivamente -61% y -8%.

También en comparación, la condición lista para usar C5 sin bacterias muestra una reducción de -85% de polvo después de 7 días que es bastante similar a la composición lista para usar C2, explicado por el hecho de que a los 7 días las bacterias aún no han mostrado un
15 efecto significativo, y porque hay un 2% más de aglutinante de látex.

Las composiciones listas para usar C6 y C7, respectivamente solo polímero y solo bacterias, muestran resultados inferiores en términos de reducción de polvo, respectivamente -27% y -13% en comparación con la composición lista para usar C2.

20 Finalmente, las composiciones listas para usar C9, C10, C11, C12 y C13 de acuerdo con la presente invención muestran una reducción respectivamente de -20%, -80%, -70%, -32% y -56% de PM10 (mg/m3) de polvo en comparación con la condición de control (solo agua). Estos resultados son prometedores como alternativas a la
25 utilización de glicerina con efectos similares.

De hecho, las composiciones listas para usar C10 a C13 de la presente invención utilizando aglutinante de látex y/o lignosulfonato y/o goma xantana en lugar de glicerina proporcionaron un control significativo del polvo en comparación con la condición de agua.

30 **Ejemplo 2.** – Efecto microbiano a lo largo del tiempo

Las emisiones de polvo de cada una de las composiciones listas para usar C1 (-), C2 (+) y C5 (-) se evaluaron dejando caer **25**

gramos de material en una cámara cerrada mientras un monitor de polvo adjunto registraba las partículas en el aire a lo largo del tiempo. Las pruebas se realizaron **1, 3, 7, 10, 14 y 21 días** después del tratamiento.

5 Tabla 4:

	<i>Promedio máximo de PM10 (mg/m3) – (2 muestras)</i>					
	Día 1	Día 3	Día 7	Día 10	Día 14	Día 21
Lista para usar C1 (-)	138,00	130,00	148,50	150,00	150,00	150
Lista para usar C2 (+)	10,09	1,29	1,22	12,58	2,10	2,98
Lista para usar C5 (-)	0,24	0,40	1,37	5,44	18,15	24,5

La condición de Lista para usar C1 (-) es solo agua aplicada al mencionado polvo de piedra no tratado.

10 **La condición de Lista para usar C2 (+)** es 75% de [una composición líquida supresora de polvo de acuerdo con la invención que incluye una mezcla de 0,97% de la formulación **F2** con 82,84% de glicerina y 16,19% de agua] diluida con 25% de agua.

15 **La condición de Lista para usar C5 (-)** es un ejemplo comparativo de la condición **C2**, incluyendo 75% de [0,95% de la formulación **F5**, 82,84% de glicerina y 16,21% de agua] diluida con 25% de agua. Esta **lista para usar C5** no comprende especies de bacterias supresoras de polvo.

Discusión de los resultados:

20 La composición lista para usar C2 (+) de acuerdo con la presente invención, en comparación con la condición de agua C1 (-) (control) y la composición lista para usar C5 (-) que no comprende bacterias formadoras de biopelículas, muestra que debido a la presencia del aglutinante de látex como fuente de alimento y suministro de carbono para dicha serie de especies de bacterias supresoras de
25 polvo, las bacterias generan activamente una biopelícula en la superficie de la piedra mejorando su capacidad de adherirse

firmemente y asegurando una cobertura máxima y actividad prolongada para suprimir las emisiones de polvo.

De hecho, como se observa en la Tabla 4, en la condición de Listo para usar C2 de la invención, la pérdida de actividad de la primera acción del agua y la segunda acción de los aditivos (glicerina) y el polímero (aglutinante de látex) junto con la fase acuosa, se compensa a partir del séptimo día por el desarrollo de la biopelícula gracias a la presencia de bacterias, siendo esto aún más visible a partir de los días 14 y 21 de la prueba.

En comparación, la composición lista para usar C5, que no comprende especies de bacterias supresoras de polvo, muestra que el efecto para el Día 1, Día 3 y Día 5 es bastante similar a la composición lista para usar C2 de la invención. Sin embargo, después de 10 días, especialmente en las pruebas realizadas en el día 14 y el día 21, queda claro que el efecto del agua y los aditivos y el polímero está disminuyendo y debido a la falta de bacterias formadoras de biopelículas, la cantidad de emisión de polvo está aumentando significativamente.

Ejemplo 3. – Eficacia de la formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la invención para controlar el polvo en un material mineral

Se siguieron los siguientes procedimientos para preparar y aplicar varias formulaciones sólidas supresoras de polvo de acuerdo con la invención a caliza triturada no tratada, y para medir las emisiones de polvo de cada muestra.

Preparación de las muestras

Se produjo una formulación sólida supresora de polvo de acuerdo con la presente invención mezclando los ingredientes en polvo seco y luego combinándolos para producir la fórmula sólida supresora de polvo 1 de acuerdo con la invención.

Se produjo un kilogramo de la fórmula sólida supresora de polvo 1 combinando un concentrado de esporas de bacterias frescas

(400 mil millones de Unidades Formadoras de Colonias por gramo, secado por aspersión en un sustrato de maltodextrina) con un polímero biollatex a base de almidón. Las proporciones de los dos ingredientes se proporcionan en la siguiente tabla 5.

5 Tabla 5: Descripción de la formulación

Ingrediente	Cantidad (% p/p)	Cantidad para 1 kg
Mezcla microbiana (400B)	2%	20 grams
Polímero a base de almidón	98%	980 grams

La mezcla se agitó en una licuadora sellada para asegurar que el polvo de bacterias estuviera distribuido homogéneamente a través de la fórmula terminada. No se observó variación visible en el polvo después de mezclar.

Esta fórmula se aplicó "tal cual" o combinada con agua y/u otros ingredientes líquidos y se aplicó a muestras de 25 gramos de caliza triturada no tratada en las cantidades descritas a continuación. La lista de tratamientos de caliza triturada se presenta en la siguiente tabla 6.

15 Tabla 6: Lista de tratamientos incluidos en la prueba.

Tratamiento	Nombre del tratamiento	Descripción
1	Control sin tratamiento	No se añadió tratamiento al caliza triturada.
2	Fórmula 1 según la invención solamente	Supresor de polvo sólido Fórmula 1 mezclado directamente con caliza triturada.
3	Agua solamente	Agua aplicada sola a la caliza triturada.
4	Fórmula 1 según la	Supresor de polvo sólido Fórmula 1

	invención + humectación	mezclado directamente con caliza triturada, luego humectado con agua.
5	Fórmula 1 según la invención con agua	Supresor de polvo sólido Fórmula 1 disuelto en agua, luego aplicado a la caliza triturada en fase líquida
6	Fórmula 1 según la invención con glicerina diluida	Supresor de polvo sólido Fórmula 1 disuelto en agua y glicerina cruda, luego aplicado a la caliza triturada en fase líquida.

Para los tratamientos en seco, el polvo se mezcló directamente en la caliza triturada (Tratamiento 2) o se mezcló con caliza triturada y luego se humedeció con agua (Tratamiento 4). Los

5 tratamientos combinados con ingredientes líquidos (agua (Tratamiento 5) o glicerina diluida (Tratamiento 6)) se aplicaron utilizando una boquilla de pulverización para lograr una distribución uniforme en las concentraciones identificadas en cada ejemplo. En el Tratamiento 3, la muestra se trató solo con agua con fines de comparación. Las muestras

10 se almacenaron en recipientes abiertos hasta ser analizadas por emisiones de polvo, lo que tuvo lugar 7 y 28 días después del tratamiento.

Análisis de emisiones de polvo

Las emisiones de polvo de cada muestra se evaluaron

15 dejando caer cada muestra de 25 gramos en una cámara cerrada mientras un monitor de polvo adjunto registraba las partículas en el aire a lo largo del tiempo. Las pruebas se realizaron **el día 7 y el día 28** después del tratamiento.

El protocolo detallado para la prueba de emisión de polvo

20 se describe a continuación.

La metodología de la prueba de caída:

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
1. Procese cada muestra tratada una a la vez utilizando el siguiente procedimiento de prueba de caída:
 - a. Conecte el Monitor de Aerosoles DustTrak DRX 8533 al cilindro de caída (1,5 m de altura, 15 cm de diámetro) utilizando la manguera flexible (Figura 3), puerto de muestreo del monitor DustTrak a 1/3 de la altura de dicho cilindro.
 - b. Configure el Modo de Ejecución del DustTrak a una duración de 2 minutos, con una frecuencia de muestreo de 1 segundo.
 - c. Inicie el registro del DustTrak.
 - d. Espere 20 segundos para permitir que las lecturas se estabilicen a un nivel de fondo consistente.
 - e. Levante la tapa superior del cilindro, deje caer el material de muestra todo de una vez en el cilindro y reemplace la tapa superior.
 - f. Permita que el DustTrack funcione durante toda la duración de 2 minutos.
 - g. Desconecte el DustTrack, limpie el cilindro de caída utilizando paños y hojas antiestáticas.
 - h. Deseche el material de muestra caído y limpie la placa inferior.
 - i. Reemplace el equipo y proceda a la siguiente muestra.
 2. Importe los datos en Excel y calcule el nivel promedio de polvo registrado para cada muestra durante los 100 segundos de datos comenzando a los 20 segundos (el momento de la caída). Realice análisis estadístico.

Ejemplo 3A: Supresor de polvo sólido Fórmula 1 según la invención aplicado a caliza triturada con y sin agua y aditivos.

La caliza triturada sin tratar se midió en 24 muestras de 25 gramos cada una. Se aplicaron diferentes tratamientos de la Fórmula 1 a 4 muestras cada una. Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1) Control sin tratar,

5 **Tratamiento 2)** 0,02 gramos de supresor de polvo sólido Fórmula 1 según la invención mezclado en seco directamente con 25 gramos de caliza triturada,

Tratamiento 3) 1 gramo de agua aplicado a la caliza triturada,

10 **Tratamiento 4)** 0,02 gramos de supresor de polvo sólido Fórmula 1 según la invención mezclado en seco directamente con 25 gramos de caliza triturada y luego humectado con 1 gramo de agua,

Tratamiento 5) supresor de polvo sólido Fórmula 1 según la invención disuelto en agua durante 30 minutos (concentración del 2%) y
15 luego 1 gramo de solución aplicado a 25 gramos de caliza triturada,

Tratamiento 6) supresor de polvo sólido Fórmula 1 según la invención disuelto en una solución de glicerina cruda y agua (2% de supresor de polvo sólido Fórmula 1, 62% de glicerina cruda, 36% de agua).

20 Los niveles de polvo se analizaron después de 7 y 28 días dejando caer 2 muestras tratadas de cada tratamiento en cada día y comparando el nivel promedio de polvo en el aire en los 100 segundos siguientes a la caída de la muestra. Para el Día 7, el dispositivo de medición utilizado tenía un nivel máximo de lectura de 400 mg/m³, y
25 para el Día 28, el dispositivo de medición utilizado tenía un nivel máximo de lectura de 150 mg/m³.

Discusión de resultados

Los niveles promedio de polvo generados por los diversos tratamientos se presentan en las figuras 1 y 2.

30 La Figura 1 y la Figura 2 muestran los resultados de los Tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6, denominados Trt 1, 2, 3, 4, 5 y 6, presentados

arriba con diferentes escalas de polvo en el aire (0 a 125 mg/m³ en la Fig. 1 y 0 a 10 mg/m³ en la Fig. 2).

Los diferentes tratamientos produjeron los siguientes efectos:

Tratamiento 2: La adición de la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención como un polvo seco al caliza triturada no produjo niveles de polvo más bajos en el Día 7 en comparación con el material no tratado (Tratamiento 1). Sin embargo, en el Día 28, los niveles de polvo fueron más bajos en el material tratado (Tratamiento 2). Esto se debe probablemente a que la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención pudo absorber humedad del aire y comenzar a unir algunas de las partículas de polvo, mostrando que la formulación de supresor de polvo sólido según la invención presenta un efecto supresor de polvo por sí misma.

Tratamiento 4: La adición de la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención como un polvo seco al caliza triturada y luego humedecerla – lo que simula un escenario de lluvia o riego superficial – produjo niveles de polvo mucho más bajos que el material no tratado (Tratamiento 1), y también niveles más bajos que el tratamiento solo con agua (Tratamiento 3). Esto muestra que la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención puede aplicarse en seco y luego “activarse en el lugar” mediante la adición de agua a través de la lluvia o manualmente, mostrando que la formulación de supresor de polvo sólido según la invención presenta un efecto supresor de polvo por sí misma y que este efecto se potencia con la adición, en el lugar, de agua a través de la lluvia o manualmente.

Tratamiento 5: Cuando la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención se disolvió en agua y luego se aplicó a caliza triturada, produjo niveles de polvo más bajos en comparación tanto con el tratamiento no tratado (Tratamiento 1) como con el tratamiento solo con agua (Tratamiento 3). Esto muestra que la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención puede aplicarse fácilmente a superficies convirtiéndola en una fase acuosa simple utilizando solo agua sin ningún

otro aditivo, mostrando que la formulación de supresor diluido según la invención y/o la composición líquida de supresor de polvo lista para usar según la invención presentan un efecto supresor de polvo más alto.

- Tratamiento 6:** Cuando la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención se combinó con agua y otro aditivo (glicerina cruda), el producto (composición líquida de supresor de polvo según la invención) generó el efecto de control de polvo más fuerte. Esto muestra que la Fórmula 1 de supresor de polvo sólido según la invención puede funcionar bien por sí misma o con agua (diluida / lista para usar según la invención) y también puede ofrecer un efecto fuerte cuando se combina con componentes adicionales (composición líquida de supresor de polvo según la invención). Esto es especialmente útil en contextos industriales pesados con niveles de tráfico intensivo y condiciones desafiantes de la superficie de la carretera.
- Se debe entender que la presente invención no está limitada a las modalidades descritas y que se pueden aplicar variaciones sin salir del alcance de las reivindicaciones adjuntas.