

COMPOSICIONES ESTABILIZADORAS DEL SUELO

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA

5 Esta solicitud reclama la prioridad de la solicitud estadounidense número 62/787,218 presentada el 31 de diciembre de 2018, cuyo contenido completo se incorpora por la presente como referencia en su totalidad.

CAMPO TÉCNICO

10 Las modalidades de la invención descrita actualmente se refieren en general a composiciones adecuadas para la estabilización de suelos, tales como para la formación de carreteras. Las composiciones pueden incluir al menos un compuesto de organosilicio iónico y al menos un organosilano no iónico soluble en agua, en el que la composición se proporciona en forma líquida.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

20 La estabilización del suelo con varios tipos de composiciones químicas naturales y sintéticas es bien conocida en la técnica para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo. Los métodos comunes de estabilización incluyen el tratamiento del suelo con emulsiones bituminosas, cemento Portland, cal, cenizas volantes, fibras sintéticas y varios tipos de resinas. Los suelos tratados o estabilizados típicamente exhiben propiedades mejoradas en términos de cohesividad y capacidad de soporte de carga, lo que los hace más adecuados para su uso en la construcción de subbases y subgrados, caminos de tierra, cimientos civiles, estacionamientos sin pavimentar, entradas de vehículos y otros que

25 los expertos en la técnica reconocerá.

30 El método de estabilización más común es quizás el tratamiento con cal, que promueve reacciones de intercambio catiónico de Ca^{2+} con sílice y alúmina presentes en el suelo. La reacción de intercambio induce la aglomeración y floculación del suelo, lo que conduce a ganancias moderadas en fuerza y cohesividad. El tratamiento con cal, sin embargo, tiene importantes inconvenientes inherentes que incluyen carbonatación, ataque de sulfato e impacto ambiental debido a su naturaleza corrosiva. Lo más importante es que los suelos tratados con cal siguen siendo susceptibles a los daños causados por la infiltración de agua.

35 El cemento es otro método que se usa típicamente para estabilizar suelos y mejorar sus propiedades fisicoquímicas. Al permitir la hidratación del cemento en el suelo, se pueden lograr ganancias significativas en la capacidad de carga. Sin embargo, se sabe que las bases tratadas con cemento sufren de agrietamiento excesivo y poca resistencia a la fatiga debido a la rigidez de la red cemento-suelo que se forma. Además, al igual que la cal, el cemento no reduce significativamente la permeabilidad al agua del suelo tratado y, por lo tanto, es propenso a la carbonatación y al ataque de reacción álcali-sílice. Estos

disminuyen significativamente la red cemento-suelo y eventualmente causan fallas.

Otras tecnologías de estabilización de suelos incluyen el uso de emulsiones bituminosas, enzimas, fibras sintéticas, látex a base de agua y resinas naturales. Si bien se ha demostrado que mejoran la capacidad de soporte de carga de los suelos en diversos grados, todos carecen de la capacidad de mitigar significativamente el deterioro de las propiedades debido a la entrada de agua.

Uno de los principales desafíos de la estabilización del suelo es el deterioro de las propiedades del suelo debido a la entrada de agua. Los suelos arcillosos, por ejemplo, absorben una cantidad significativa de agua haciendo que se hinchen. Al secarse, el suelo se encoge. Los ciclos repetidos de tal expansión y contracción en función del agua provocan grietas y un aumento de la tensión en las estructuras circundantes. Además, el agrietamiento conduce a un daño aún mayor al permitir posteriormente una penetración de agua aún más profunda. En este sentido, la incapacidad de limitar la expansividad del suelo es una de las principales causas de superficies irregulares en las carreteras, baches, surcos, corrugaciones, cimientos de casas agrietados y un ciclo de vida deficiente en las calzadas de asfalto.

Como se describió anteriormente, existen dos desafíos principales para la estabilización efectiva del suelo: capacidad de soporte de carga mejorada, que generalmente se logra mediante una mayor densidad de la masa compactada (es decir, MDD más alto - Densidad seca máxima) e incluyendo materiales rígidos como cemento/fibras, y disminución de la conductividad hidráulica y la hinchazón del suelo para mitigar el daño del agua.

Por lo tanto, sigue existiendo una necesidad en la técnica de composiciones adecuadas para la estabilización del suelo, en las que las composiciones puedan aumentar la densidad seca máxima y/o minimizar la expansividad del suelo evitando la entrada o absorción de agua por el suelo (por ejemplo, hinchazón libre reducida de la tierra).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Una o más modalidades de la invención pueden abordar uno o más de los problemas mencionados anteriormente. Ciertas modalidades de acuerdo con la invención proporcionan composiciones adecuadas para la estabilización del suelo, tal como para la formación de carreteras. Las composiciones pueden incluir al menos un compuesto de organosilicio iónico (por ejemplo, un compuesto de organosilicio catiónico) y al menos un organosilano no iónico soluble en agua. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, las composiciones se pueden proporcionar en forma líquida, tal como una solución o dispersión acuosa. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender un alcoxisilano transesterificado, un organosilano inherente o naturalmente soluble en agua, o combinaciones de los mismos. El al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender una solubilidad en agua de al menos aproximadamente 2.5 gramos por litro (g/L) de agua a una temperatura de 20°C, tal como al menos aproximadamente 10 g/L, al menos aproximadamente 20 g/L, o al menos aproximadamente 50 g/L. De

acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender una solubilidad en agua a 20°C, de al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 g/L y/o como máximo aproximadamente 150, 140, 130, 120, 110, 100, 90, 80, 70 y 60 g/L. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición puede comprender menos del 10% en peso, tal como menos del 5% en peso o menos del 1% en peso de un solvente orgánico. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición puede estar desprovista de solvente orgánico.

En otro aspecto, la presente descripción proporciona una composición que contiene suelo que comprende suelo y al menos un organosilano no iónico soluble en agua como se describe aquí. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición que contiene suelo también puede incluir al menos un compuesto de organosilicio iónico (por ejemplo, un compuesto de organosilicio catiónico). De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición que contiene suelo puede proporcionarse en forma de carretera.

En otro aspecto, la presente descripción proporciona un proceso para la estabilización del suelo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender un paso de aplicar al menos un organosilano no iónico soluble en agua como se describe aquí a una superficie (por ejemplo, una superficie expuesta) de una parcela de suelo, en la que al menos se proporciona un organosilano no iónico soluble en agua en forma líquida. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la aplicación del al menos un organosilano no iónico soluble en agua que se proporciona en forma líquida puede comprender rociar una composición líquida que incluye el al menos un organosilano no iónico soluble en agua sobre el suelo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el método puede comprender adicional o alternativamente escarificar un cemento y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (solo o en combinación con al menos un compuesto de organosilicio iónico) juntos en el suelo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La invención se describirá ahora con más detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas, pero no todas, las modalidades de la invención. De hecho, esta invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las modalidades expuestas aquí; más bien, estas modalidades se proporcionan para que esta descripción satisfaga los requisitos legales aplicables. Como se usa en la especificación, y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una", "la/el", incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

La invención descrita actualmente se refiere en general a composiciones adecuadas para la estabilización de suelos, tal como para la formación de carreteras. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, las composiciones pueden proporcionar uno o más (por ejemplo, todos) de los siguientes beneficios: fácil de aplicar, respetuoso con el medio ambiente, sin lixiviación, desarrolla hidrofobicidad

rápidamente, aumenta la densidad de compactación (MDD), se puede enviar sin solvente, y penetra significativamente en el suelo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, las composiciones pueden comprender uno o más organosilanos solubles en agua solos o en combinación con uno o más compuestos de organosilicio iónicos. Las composiciones que incluyen compuestos de organosilicio iónicos solos pueden proporcionar una excelente hidrofobicidad, pero no penetran particularmente profundamente debido a su naturaleza iónica. Por ejemplo, los compuestos de organosilicio catiónicos solos carecen de una buena penetración y/o distribución en el suelo, que normalmente es de naturaleza aniónica. Esta falta de buena penetración y/o distribución limita la hidrofobicidad desarrollada en el suelo, particularmente en suelos que están cada vez más alejados del punto o superficie de aplicación. Además, dado que los compuestos de organosilicio iónicos son sales iónicas que son sólidas, requieren suspensión/solubilización en un solvente que es potencialmente volátil y no tiene ningún propósito para mejorar las propiedades del suelo. En este sentido, ciertas modalidades de acuerdo con la invención pueden comprender composiciones que incluyen un organosilano líquido (por ejemplo, organosilanos solubles en agua o alcoxisilanos transesterificados) que proporcionan una penetración más profunda en el suelo y permiten una composición envasable y/o utilizable que no contiene ningún solvente.

Los agentes impermeabilizantes organosilanos tradicionales no son solubles en agua. Los ejemplos típicos incluyen metiltrimetoxisilano (MTMS), propiltrimetoxisilano (PTMO), isobutiltrimetoxisilano (IBTMO), octadeciltrimetoxisilano (OTMO). Sin embargo, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, tales agentes impermeabilizantes de organosilano tradicionales no solubles en agua pueden modificarse mediante una reacción de transesterificación, que intercambia, por ejemplo, los grupos metoxi o etoxi en un alcoxisilano típico por compuestos hidrófilos que tienen grupos hidroxilo. Está bien establecido que en la química de los organosilanos, por ejemplo, que un grupo alcoxi-silano (es decir, Si-OR) se conoce como éster de silano y que una reacción de transesterificación es una reacción de intercambio en la que dos grupos alcoxi diferentes se intercambian entre sí. Por ejemplo, si se hace reaccionar Si-OCH₃ con HOCH₂CH₂OH, el grupo metoxi se intercambia con monoetilenglicol dando como resultado la formación de Si-OCH₂CH₂OH mediante la reacción de transesterificación. Como se analiza con más detalle a continuación, una variedad de compuestos que contienen hidroxilo (por ejemplo, alcoholes hidrófilos simples que incluyen monoetilenglicol (MEG), dietilenglicol (DEG), glicerol, sorbitol, ácido dimetilolpropiónico, etc.) se pueden usar para cambiar/intercambiar uno o más de los grupos silano-alcoxi de los agentes impermeabilizantes de organosilano tradicionales no solubles en agua con un radical funcional (por ejemplo, uno o más grupos hidroxilo) que imparte una naturaleza más polar y/o soluble en agua al organosilano transesterificado resultante, en el que el organosilano transesterificado resultante puede tener una solubilidad en agua como se describe aquí. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, tales organosilanos transesterificados (es decir, los organosilanos no iónicos transesterificados resultantes) exhiben un nivel suficiente de solubilidad en agua de tal manera que cuando se proporcionan en combinación (por ejemplo, en una composición líquida acuosa) con un organosilano iónico (por ejemplo, compuesto de organosilicio iónico) se puede lograr una buena solubilidad de la composición líquida total (por ejemplo, mezcla o dispersión acuosa). Por ejemplo, el organosilano no iónico soluble en agua (por

ejemplo, los organosilanos no iónicos transesterificados resultantes) puede comprender una solubilidad en agua suficientemente grande como para que el organosilano no iónico soluble en agua se pueda proporcionar en forma líquida (por ejemplo, disuelto en un medio acuoso) y actúa como solvente o portador del organosilano iónico (por ejemplo, compuesto de organosilicio iónico). En aplicaciones de estabilización de suelos, por ejemplo, el organosilano no iónico soluble en agua puede actuar como solvente o portador del organosilano iónico (por ejemplo, compuesto de organosilicio iónico) y facilitar una mayor profundidad de penetración en y a través del suelo, que es típicamente aniónico en naturaleza, para el organosilano iónico (por ejemplo, compuesto de organosilicio iónico) que proporciona propiedades repelentes de agua deseables al suelo para evitar la entrada de agua. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el organosilano no iónico soluble en agua puede comprender adicionalmente o como alternativa un organosilano no iónico natural o inherentemente soluble en agua. En este sentido, la penetración más profunda del suelo por el organosilano no iónico soluble en agua (por ejemplo, los organosilanos no iónicos transesterificados resultantes y/o los organosilanos no iónicos naturales o inherentemente solubles en agua) y/o el organosilano iónico (por ejemplo, organosilicio iónico compuesto) puede proporcionar una mayor densificación del suelo y/o resistencia a la entrada de agua para proporcionar un modo de operación bifuncional al impartir una mejor estabilización del suelo.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, las composiciones líquidas pueden comprender una combinación de al menos un compuesto de organosilicio iónico (por ejemplo, un compuesto de organosilicio catiónico) y al menos un organosilano no iónico soluble en agua, en el que la composición líquida puede ser ganancia significativamente no iónica y sustancial en la penetración de los organosilanos en el suelo se puede realizar. Además, los organosilanos no iónicos solubles en agua de las composiciones de acuerdo con ciertas modalidades de la invención pueden tener un peso molecular sustancialmente más bajo y tener densidades molares significativamente más altas por unidad de masa, lo que puede contribuir además a incrementar la hidrofobicidad de una manera sustancial. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, por ejemplo, la densidad molar por unidad de masa del organosilano no iónico soluble en agua puede comprender de aproximadamente 0.5 mol/kg a aproximadamente 6 mol/kg, tal como de al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5 mol/kg y/o como máximo aproximadamente 6, 5.5, 5, 4.5, 4, 3.5, 3, 2.5, 2, 1.75 y 1.5 mol/kg. Además, y como se indicó anteriormente, el organosilano no iónico soluble en agua puede comprender un líquido y servir como solvente o portador para el compuesto de organosilicio iónico de las composiciones de acuerdo con ciertas modalidades de la invención.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, las densidades de compactación de los suelos aumentan de manera beneficiosa cuando se tratan con las composiciones descritas aquí. A este respecto, las densidades de compactación aumentadas de suelos que han sido tratados de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, por ejemplo, resaltan la sorprendentemente utilidad de las composiciones descritas aquí para aplicaciones de estabilización de suelos (por ejemplo, formación de carreteras). En este sentido, una mayor densidad de una base compactada (por ejemplo, una capa base formada a partir de suelo compactado) permite ganancias de resistencia significativas. De acuerdo con

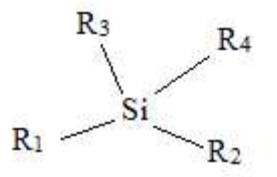
ciertas modalidades de la invención, cuanto mayor sea el nivel de organosilano no iónico soluble en agua en una composición dada puede proporcionar una mayor ganancia en las propiedades de densidad y resistencia del suelo compactado, lo que se cree que está al menos parcialmente relacionado con la penetración y distribución mejoradas de los silanos en y/o a través del suelo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la modalidad de densidades de compactación del suelo aumentadas da como resultado la formación de capacidades de soporte de carga más altas para las carreteras formadas a partir de ellas.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, los organosilanos no iónicos solubles en agua solos o en combinación con compuestos de organosilicio iónicos pueden ser particularmente deseables en una variedad de aplicaciones de estabilización del suelo al impartir hidrofobicidad mejorada, profundidad de penetración en el suelo y beneficios de compactación. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, los organosilanos no iónicos solubles en agua solos o en combinación con compuestos de organosilicio iónicos se pueden formular junto con una variedad de tensioactivos que los llevarían al agua de manera estable. De acuerdo con otras ciertas modalidades de la invención, los organosilanos no iónicos solubles en agua solos o en combinación con compuestos de organosilicio iónico pueden estar en forma de cohidrolizados. De acuerdo con otras ciertas modalidades de la invención, los organosilanos no iónicos solubles en agua solos o en combinación con compuestos de organosilicio iónicos pueden estar en forma de cohidrolizados con, por ejemplo, tetraetilortosilicato (TEOS) y/o tetrametilortosilicato (TMOS) y/o versiones transesterificadas de tetraetilortosilicato (TEOS) y/o tetrametilortosilicato (TMOS).

Como se señaló anteriormente, ciertas modalidades de acuerdo con la invención proporcionan composiciones adecuadas para la estabilización del suelo, tal como para la formación de carreteras. Las composiciones pueden incluir al menos un compuesto de organosilicio iónico (por ejemplo, un compuesto de organosilicio catiónico) y al menos un organosilano no iónico soluble en agua. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, las composiciones se pueden proporcionar en forma líquida, tal como una solución o dispersión acuosa. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender un alcoxisilano transesterificado, un organosilano inherente o naturalmente soluble en agua, o combinaciones de los mismos. El al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender una solubilidad en agua de al menos aproximadamente 2.5 gramos por litro de agua a una temperatura de 20°C, tal como al menos aproximadamente 10 g/L, al menos aproximadamente 20 g/L, o al menos aproximadamente 50 g/L. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender una solubilidad en agua a 20°C de al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 g/L y/o como máximo aproximadamente 150, 140, 130, 120, 110, 100, 90, 80, 70 y 60 g/L. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición puede comprender menos del 10% en peso, tal como menos del 5% en peso o menos del 1% en peso de un solvente orgánico. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición puede estar desprovista de solvente orgánico.

El al menos un organosilano no iónico soluble en agua, de acuerdo con ciertas modalidades

de la invención, puede comprender un alcoxisilano transesterificado, por ejemplo, que tiene una estructura de acuerdo con la Fórmula (1)



Fórmula (1):

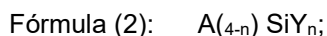
en donde R₁ comprende un radical de hidrocarbano sustituido o no sustituido; R₂ comprende un primer radical alcoxi que contiene hidroxilo; R₃ comprende un radical alcoxi o un segundo radical alcoxi que contiene hidroxilo; y R₄ comprende un radical alcoxi o un tercer radical alcoxi que contiene hidroxilo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el primer radical alcoxi que contiene hidroxilo, el segundo radical alcoxi que contiene hidroxilo y el tercer radical alcoxi que contiene hidroxilo pueden ser idénticos. Alternativamente, el primer radical alcoxi que contiene hidroxilo puede ser diferente de al menos el segundo radical alcoxi que contiene hidroxilo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, R₁ comprende un radical alquilo. Por ejemplo, el radical alquilo puede comprender un radical alquilo lineal, un radical alquilo ramificado o un radical cicloalquilo que incluye de uno a treinta átomos de carbono (por ejemplo, como máximo aproximadamente 30, 25, 20, 18, 16, 14, 12, 10 y 8 átomos de carbono y/o al menos aproximadamente 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 12 átomos de carbono). De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, R₁ puede comprender un radical de hidrocarbano sustituido que tiene uno o más de un átomo de haluro, un átomo de nitrógeno o un átomo de oxígeno.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, los radicales alcoxi que contienen hidroxilo del alcoxisilano transesterificado de acuerdo con la Fórmula (1) comprenden -(OCH₂CH₂)_aOH donde 'a' tiene un valor de 1 a 10 (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10), -[OC₃H₆]_bOH donde 'b' tiene un valor de 1 a 10 (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10), o [C₃H₇O₃], [C₆H₁₃O₆], [C₅H₁₁O₄] y [C₄H₆O₃]. El alcoxisilano transesterificado, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, puede comprender el primer radical alcoxi que contiene hidroxilo y el segundo radical alcoxi que contiene hidroxilo, en el que el primer radical alcoxi que contiene hidroxilo y el segundo radical alcoxi que contiene hidroxilo cada uno comprenden independientemente -(OCH₂CH₂)_aOH donde 'a' tiene un valor de 1 a 10 (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10), [OC₃H₆]_bOH donde 'b' tiene un valor de 1 a 10 (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10), o [C₃H₇O₃], o [C₆H₁₃O₆], o [C₅H₁₁O₄], o [C₄H₆O₃].

Las composiciones de acuerdo con ciertas modalidades de la invención pueden comprender adicional o alternativamente al menos un organosilano no iónico soluble en agua que es inherente o naturalmente un organosilano soluble en agua. A este respecto, las composiciones de acuerdo con ciertas modalidades de la invención pueden comprender tanto alcoxisilano transesterificado como organosilanos inherente o naturalmente solubles en agua. Por ejemplo, el al menos organosilano no iónico soluble en agua puede comprender uno o más alcoxisilanos transesterificados y uno o más organosilanos inherente o naturalmente solubles en agua. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (por ejemplo, uno o más alcoxisilanos transesterificados y/o uno o más organosilanos inherente o naturalmente solubles en agua) comprende una solubilidad en

agua de al menos aproximadamente 2.5 gramos por litro de agua a una temperatura de 20°C. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (por ejemplo, uno o más alcoxisilanos transesterificados y/o uno o más organosilanos inherente o naturalmente solubles en agua) puede comprender una solubilidad en agua a 20°C de al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 g/L y/o como máximo aproximadamente 150, 140, 130, 120, 110, 100, 90, 80, 70 y 60 g/L.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender una estructura de acuerdo con la siguiente Fórmula (2):



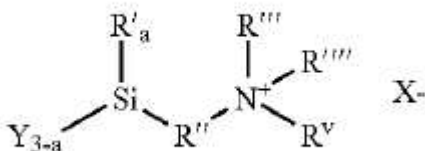
donde 'A' comprende un radical orgánico monovalente, tal como un radical orgánico monovalente que incluye al menos una funcionalidad amina, 'Y' comprende un radical hidrolizable o grupo hidroxilo, y n es 1, 2 o 3. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, "A" comprende un radical alquilo o arilo. "Y", de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, puede comprender un grupo o radicales hidroxilo que se hidrolizan en presencia de agua, que incluyen radicales acetoxi y radicales alcoxi con 1 a 6 átomos de carbono. A este respecto, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender un silano amino-funcional. Por ejemplo, el silano amino-funcional puede comprender N-(2-aminoetil)-3-aminopropiltrimetoxisilano, N-(aminoetilaminometil)feniltrimetoxisilano, N-(2-aminoetil)-3-aminopropiltris(2-etilhexoxi)-silano, 3-aminopropiltrimetoxisilano, trimetoxisilil-propildietilentriamina, bis(2-hidroxietil)-3-aminopropiltrimetoxisilano o cualquier combinación de los mismos.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición comprende al menos un organosilano no iónico soluble en agua que comprende un alcoxisilano transesterificado y al menos un organosilano no iónico inherente o naturalmente soluble en agua como se describe aquí. La composición, por ejemplo, puede comprender una solución acuosa o una dispersión acuosa incluso si la composición incluye al menos un compuesto de organosilicio iónico. Por ejemplo, la composición puede comprender menos del 10% en peso, tal como menos del 5% en peso, o menos del 1% en peso de un solvente orgánico. La composición, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, puede estar desprovista de un solvente orgánico.

Las composiciones, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, pueden comprender una relación en peso entre el al menos un organosilano no iónico soluble en agua y el al menos un compuesto de organosilicio iónico que comprende de aproximadamente 98:2 a aproximadamente 2:98; tal como máximo sobre cualquiera de los siguientes: 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:45, 60:40, 55:45, 50:50, 45:55 y 40:60 y/o al menos sobre cualquiera de los siguientes: 2:98, 5:95, 10:90, 15:85, 20:80, 25:75, 30:70, 35:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45 y 60:40.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición comprende al menos un compuesto de organosilicio iónico, tal como un compuesto de organosilicio catiónico. El al menos un compuesto de organosilicio iónico puede comprender una estructura de acuerdo con las fórmulas (3):

Fórmulas (3):



donde en cada fórmula de las fórmulas (3),

Y es un radical alcoxi o un radical alcoxi que contiene hidroxilo;

"A" tiene un valor de 0, 1 o 2;

R' es un radical alquilo, que tiene 1, 2, 3, 4, 5 o 6 átomos de carbono;

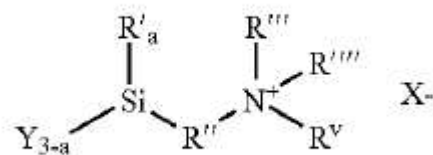
R'' es un grupo alquilenos, tal como que tiene 1, 2, 3, 4, 5 o seis átomos de carbono;

R''', R''' son grupos alquilo que contienen de 1 a 22 átomos de carbono, en los que al menos uno de R''' y R''' es mayor de ocho átomos de carbono —CH₂C₆H₅, —CH₂CH₂OH, —CH₂OH, y —(CH₂)_xNHC(O)R^{vi} donde x tiene un valor de dos a diez y R^{vi} es un radical perfluoroalquilo que tiene de uno a doce átomos de carbono;

X es cloruro, bromuro, fluoruro, yoduro, acetato o tosilato;

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición incluye un compuesto de organosilicio catiónico que comprende una estructura de acuerdo con la Fórmula (4):

Fórmula (4):



en donde Y es un radical alcoxi de metilo o etilo; "a" tiene un valor de cero; R'' es propileno; R''' es metilo o etilo; R''' y R^v son grupos alquilo idénticos o diferentes que contienen de uno a veintidós átomos de carbono, en los que al menos uno de R''' y R''' es mayor que ocho átomos de carbono; y X es un haluro, acetato o tosilato.

El compuesto de organosilicio catiónico, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, puede comprender cloruro de 3-(trimetoxisilil)propildimetiloctadecilamonio, cloruro de 3-(trimetoxisilil)propilmetildidecilamonio o cloruro de 3-(trimetoxisilil)propildimetilmonhexadecilamonio.

La composición, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, puede comprender la combinación del al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua, en el que la suma del al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua comprende de aproximadamente 5 a aproximadamente 100% de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso, tal como de al menos aproximadamente cualquiera de los

siguientes: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60% de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso y/o como máximo aproximadamente 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65 y 60% de sólidos disueltos y/o suspendidos por peso. A este respecto, el % de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso se puede determinar agregando el peso de sólidos secos atribuido a por lo menos un compuesto de organosilicio iónico y a por lo menos un organosilano no iónico soluble en agua en un volumen dado de composición, dividido por el peso total de ese volumen de la composición multiplicado por 100. Tales modalidades, por ejemplo, pueden comprender un concentrado que se puede enviar o transportar fácilmente a lugares que necesitan tales composiciones (por ejemplo, sitios de construcción de carreteras) sin el costo agregado y la dificultad de enviar pesos de solventes indeseablemente grandes. En este sentido, el concentrado se puede diluir con agua en el sitio de necesidad (por ejemplo, sitio de construcción de carreteras) hasta el % deseado de nivel de sólidos disueltos y/o suspendidos para tratar una porción de suelo como parte de un proceso de estabilización del suelo para formación de carreteras.

La composición, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, puede comprender la combinación del al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua, en el que la suma del al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua comprende de aproximadamente 0.1% a aproximadamente 5% de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso, tal como al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 0.1, 0.2, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0, 2.25, 2.5, 2.75, 3.0, 3.25, 3.5, 3.75, y 4.0% de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso y/o como máximo aproximadamente 5, 4.75, 4.5, 4.25, 4.0, 3.75, 3.5, 3.25 y 3% de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso. A este respecto, el % de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso se puede determinar agregando el peso de sólidos secos atribuido a por lo menos un compuesto de organosilicio iónico y a por lo menos un organosilano no iónico soluble en agua en un volumen dado de composición, dividido por el peso total de ese volumen de la composición multiplicado por 100. Tales modalidades, por ejemplo, pueden comprender una composición final que se puede aplicar (por ejemplo, rociar) en una porción de suelo, por ejemplo, en un sitio de construcción de carreteras.

Las composiciones, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, pueden comprender además al menos un tensioactivo, tal como un tensioactivo aniónico, un tensioactivo catiónico, un tensioactivo zwitteriónico, o cualquier combinación de los mismos. De acuerdo con otras ciertas modalidades de la invención, los organosilanos no iónicos solubles en agua solos o en combinación con compuestos de organosilicio iónicos pueden estar en forma de cohidrolizados. De acuerdo con ciertas otras modalidades de la invención, los organosilanos no iónicos solubles en agua solos o en combinación con compuestos de organosilicio iónicos pueden estar en forma de cohidrolizados con tetraetilortosilicato (TEOS) y/o tetrametilortosilicato (TMOS) y/o versiones transesterificadas de tetraetilortosilicato (TEOS) y/o tetrametilortosilicato (TMOS).

Las composiciones, de acuerdo con ciertas modalidades de la invención, pueden formar un suelo adicionalmente para proporcionar una composición que contiene suelo. El suelo, por ejemplo, puede comprender grava, arena, limo, arcilla o cualquier combinación de los mismos. Los diferentes tipos de suelo se clasifican bajo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) con un código de dos

letras. Las opciones de la primera letra son G — grava, S — arena, M — limo, C — arcilla, O — orgánico, y las opciones de la segunda letra son P — mal graduada, W — bien graduada, H — alta plasticidad, L — baja plasticidad. Los símbolos de grupo son GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, SC, ML, CL, OL, MH, CH y OH. A este respecto, las composiciones de acuerdo con ciertas modalidades de la invención pueden incluir cualquiera de suelos GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, SC, ML, CL, OL, MH, CH y OH.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición que contiene suelo comprende un porcentaje en peso, determinado en base seca, de la suma de al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua de aproximadamente 0.05 a aproximadamente 5% en peso de la composición que contiene suelo sobre una base seca, tal como al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 0.05, 0.07, 0.09, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, 2.75, 3.0, 3.25, 3.5, 3.75 y 4.0% en peso de la composición que contiene suelo sobre una base seca de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso y/o como máximo aproximadamente 5, 4.75, 4.5, 4.25, 4.0, 3.75, 3.5, 3.25 y 3% en peso de la composición que contiene suelo en base seca. A modo de ejemplo, ciertas modalidades de la invención comprenden una composición que contiene suelo en la que la suma de al menos un compuesto organosilícico iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua representa aproximadamente el 0.005 al 5% en peso determinado en una base seca.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición puede comprender una densidad seca máxima (MDD) de al menos aproximadamente 1.5 gm/cc según lo determinado por la prueba de medición de densidad proctor, tal como de aproximadamente 1.5 gm/cc a aproximadamente 3 gm/cc, o como al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 gm/cc y/o como máximo aproximadamente 3, 2.9, 2.8, 2.7, 2.6, 2.5, 2.4, 2.3, 2.2, 2.1 y 2.0 gm/cc.

Como se mencionó anteriormente, la presente descripción proporciona composiciones que contienen suelo que incluyen suelo como se describe aquí y al menos un organosilano no iónico soluble en agua como se describe aquí. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición que contiene suelo también puede incluir al menos un compuesto de organosilicio iónico (por ejemplo, un compuesto de organosilicio catiónico) como se describe anteriormente aquí. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición que contiene suelo puede proporcionarse en forma de carretera. El al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender un alcoxisilano transesterificado, un organosilano inherente o naturalmente soluble en agua, o cualquier combinación de los mismos como se describe previamente aquí. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el suelo puede comprender grava, arena, limo, arcilla o cualquier combinación de los mismos. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición que contiene suelo comprende un porcentaje en peso, determinado en base seca, de la suma del al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua de aproximadamente 0.05 a aproximadamente 5% en peso de la composición que contiene suelo sobre una base seca, tal como al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 0.05, 0.07, 0.09, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.25, 2.5, 2.75, 3.0, 3.25, 3.5, 3.75 y 4.0% en peso de la composición que contiene suelo sobre una base seca de sólidos disueltos y/o suspendidos en peso y/o como máximo aproximadamente 5, 4.75, 4.5, 4.25, 4.0, 3.75, 3.5, 3.25 y 3% en

peso de la composición que contiene suelo en base seca. A modo de ejemplo, ciertas modalidades de la invención comprenden una composición que contiene suelo en la que la suma del al menos un compuesto de organosilicio iónico y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua representa aproximadamente el 0.005 al 5% en peso determinado en una base seca. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la composición puede comprender una densidad seca máxima (MDD) de al menos aproximadamente 1.5 gm/cc según lo determinado por la prueba de medición de densidad proctor, tal como de aproximadamente 1.5 gm/cc a aproximadamente 3 gm/cc, o tal como al menos aproximadamente cualquiera de los siguientes: 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 gm/cc y/o como máximo aproximadamente 3, 2.9, 2.8, 2.7, 2.6, 2.5, 2.4, 2.3, 2.2, 2.1 y 2.0 gm/cc.

En otro aspecto, la presente descripción proporciona un proceso para la estabilización del suelo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender un paso de aplicar al menos un organosilano no iónico soluble en agua como se describe aquí a una superficie (por ejemplo, una superficie expuesta) de una parcela de suelo, en la que al menos se proporciona un organosilano no iónico soluble en agua en forma líquida. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, la aplicación de al menos un organosilano no iónico soluble en agua que se proporciona en forma líquida puede comprender rociar una composición líquida que incluye el al menos un organosilano no iónico soluble en agua sobre, por ejemplo, una superficie más exterior de una parcela de suelo. Como se discutió previamente, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua puede comprender un alcoxisilano transesterificado, un organosilano inherente o naturalmente soluble en agua, o cualquier combinación de los mismos tal como cualquier organosilano no iónico soluble en agua descrito aquí. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender adicional o alternativamente escarificar un cemento y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (solo o en combinación con al menos un compuesto de organosilicio iónico) juntos en el suelo.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender aplicar una o más de las composiciones descritas en este documento a una superficie de una parcela de suelo (por ejemplo, tal como una porción de suelo usada para la formación de carreteras). Por ejemplo, el al menos un organosilano no iónico soluble en agua y/o el al menos un compuesto de organosilicio iónico pueden formularse previamente para formar una composición líquida como se describe y divulga en el presente documento. Como se señaló anteriormente, la composición se puede aplicar (por ejemplo, recubrir por pulverización) sobre el suelo y dejar que penetre en la profundidad del suelo. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender adicional o alternativamente escarificar un cemento y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (solo o en combinación con al menos un compuesto de organosilicio iónico) juntos en el suelo.

De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender compactar la parcela de suelo antes de aplicar el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (por ejemplo, una composición como se describe aquí), después de la aplicación de al menos un organosilano no iónico soluble en agua (por ejemplo, una composición como se describe aquí), o ambos. Por ejemplo, el paso de aplicar el al menos un organosilano no iónico soluble en agua, aplicar el al menos un compuesto

de organosilicio iónico, o ambos, comprende rociar la superficie expuesta de la parcela con el al menos un organosilano no iónico soluble en agua y/o el al menos un compuesto de organosilicio iónico. De acuerdo con ciertas modalidades de la invención, el proceso puede comprender adicional o alternativamente escarificar un cemento y el al menos un organosilano no iónico soluble en agua (solo o en combinación con al menos un compuesto de organosilicio iónico) juntos en el suelo. Después de un período de tiempo dado, la composición que incluye el al menos un organosilano no iónico soluble en agua y/o el al menos un compuesto de organosilicio iónico penetra en y a través de una profundidad del suelo y desarrolla hidrofobicidad para evitar la entrada de agua en el suelo a lo largo de la profundidad de penetración. El suelo tratado con la composición que incluye al menos un organosilano no iónico soluble en agua y/o el al menos un compuesto de organosilicio iónico puede compactarse para aumentar la densidad del suelo.

EJEMPLOS

La presente descripción se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos, que de ninguna manera deben interpretarse como limitantes. Es decir, las características específicas descritas en los siguientes ejemplos son meramente ilustrativas y no limitantes.

EJEMPLO 1

Composición totalmente iónica

Un reactor de presión de dos litros y tres cuellos equipado con un condensador, agitador, termómetro y cabezal de destilación se cargó con (i) 297 gramos de octadecildimetilamina, (ii) 198 gramos de 3-cloropropiltrimetoxisilano y (iii) 212 gramos de metanol. El contenido del recipiente a presión se calentó a 120°C durante 24 horas mientras se mantenía una presión de 30 psi. La conversión de la reacción se midió mediante titulación con HCl y se logró una conversión superior al 99%.

EJEMPLO 2

Combinación de componentes iónicos y no iónicos

Un matraz de dos litros y tres cuellos equipado con un condensador, agitador, termómetro y cabezal de destilación se cargó con (i) 164 gramos de propiltrimetoxisilano, (ii) 186 gramos de monoetilenglicol y (iii) 0.6 gramos de tetraisopropiltitanato se añadió en la mezcla para facilitar una reacción de transesterificación para proporcionar un organosilano soluble en agua no iónico. Esta mezcla se calentó a 120°C durante dos horas, durante las cuales se recuperaron 92 gramos de metanol, después de lo cual se consideró que la reacción se había completado.

Se añadieron 140 gramos del producto de reacción anterior a 84 gramos del Ejemplo 1. La mezcla se calentó y se recuperaron 24 gramos de metanol como destilado, lo que condujo a un producto final 100% activo.

EJEMPLO 3**Composición totalmente no iónica**

Un matraz de dos litros y tres cuellos equipado con un condensador, agitador, termómetro y cabezal de destilación se cargó con (i) 136 gramos de metiltrimetoxisilano, (ii) 186 gramos de monoetilenglicol y (iii) 0.6 gramos de tetraisopropiltitanato se añadieron en la mezcla para facilitar una reacción de transesterificación para proporcionar un organosilano no iónico soluble en agua. Esta mezcla se calentó a 120°C durante dos horas, durante las cuales se recuperaron 92 gramos de metanol, después de lo cual se consideró que la reacción se había completado.

EJEMPLO 4**Composición totalmente no iónica que es un cohidrolizado de dos silanos no iónicos y posteriormente transesterificado**

Un matraz de dos litros y tres cuellos equipado con un condensador, agitador, termómetro y cabezal de destilación se cargó con 222 gramos de 3-(2-aminoetilamino)propiltrimetoxisilano, 272 gramos de metiltrimetoxisilano y 50 gramos de metanol. Posteriormente se añadieron 32.4 gramos de metanol y 32.4 gramos de agua al recipiente de reacción. Los reactivos se sometieron a reflujo a 80°C durante dos horas para producir un producto cohidrolizado. Posteriormente, se añadieron a la mezcla 0.6 gramos de tetraisopropiltitanato y 550 gramos de monoetilenglicol para facilitar una reacción de transesterificación para proporcionar un organosilano soluble en agua no iónico. Esta mezcla se calentó a 120°C durante dos horas, durante las cuales se recuperaron 400 gramos de metanol.

Profundidad de datos de penetración

Se preparó un lecho de suelo mezclando 10 ml de agua en una muestra de 100 g de suelo nativo (10% en peso, que era el contenido de humedad óptimo) y se compactó manualmente a mano. Se prepararon tres de esas muestras. Después de la aplicación y el secado, el molde se rompió y se examinó en sección transversal para determinar la profundidad a la que el agua no se absorbía, sino que formaba gotas y permanecía en la superficie. El cuadro 1 a continuación proporciona los resultados.

CUADRO 1**Prueba de penetración en lecho de suelo compactado**

Muestra	Dilución en agua	Profundidad de penetración	Tasa de rociado
Ejemplo 1	1:70	0.5 – 0.8cm	3L/m ²
Ejemplo 2	1:70	1.3 -1.5cm	3L/m ²
Ejemplo 3	1:70	1.5 – 1.8cm	3L/m ²
Ejemplo 4	1:70	1.1 – 1.3 cm	3L/m ²

Los datos del cuadro 1 muestran que como el organosilano no iónico soluble en agua se utiliza en proporciones más altas, la profundidad a la que se logra la hidrofobicidad es significativamente mayor, lo que puede ser particularmente ventajoso en aplicaciones de pulverización.

5 Mejora de la densidad seca máxima

Se prepararon los moldes del suelo y se determinó el contenido óptimo de humedad (OMC) y la densidad seca máxima (MDD) mediante una prueba de compactación proctor estándar. Los resultados se proporcionan en el cuadro 2 a continuación.

10 **CUADRO 2**
Densidad seca máxima del suelo

Muestra	Dosificación	MDD (gm/cc)	OMC (%)
Control	-	1.900	10.0 %
15 Ejemplo 1	1.6 kg/m ³	1.941	10.5 %
Ejemplo 2	1.6 kg/m ³	1.984	10.4 %
Ejemplo 3	1.6 kg/m ³	1.982	10.3%
Ejemplo 4	1.6 kg/m ³	1.952	10.4%

20 Como se muestra en el cuadro 2, se obtiene una clara mejora cuando se agrega un organosilano sobre el control. Además, las composiciones que incluyen el organosilano no iónico soluble en agua conducen a una densificación incluso mayor, como puede verse a partir de los datos. Si bien a primera vista, la ganancia en MDD puede parecer pequeña, en estas densidades, las pequeñas diferencias
25 numéricas proporcionan una gran mejora en la capacidad de carga.

Reducción del índice de hinchamiento libre (FSI)

Se vertieron 50 gramos de dos tipos de tierra en un vaso de precipitados de 250 ml, que posteriormente se llenó con agua hasta la marca de 200 ml. El vaso de precipitados se agitó suavemente
30 para eliminar el aire atrapado y se dejó sedimentar el suelo. Se dejó que el vaso de precipitados se equilibrara durante 24 horas y se observó el aumento de volumen del suelo.

En el caso de suelos tratados, el contenido de humedad óptimo (OMC) del suelo se determinó primero de acuerdo con la prueba de compactación proctor. Posteriormente, el organosilano se mezcló con agua de OMC, que se utilizó para posteriormente tratar el suelo. El suelo se secó en un horno
35 a 110°C durante la noche y se filtró a través de un tamiz de 425 micrómetros. Los resultados de hinchamiento para los dos suelos se proporcionan a continuación en el cuadro 3.

CUADRO 3
% de hinchamiento del suelo

	Dosificación	Suelo 1 – % de hinchamiento	Suelo 2 – % de hinchamiento
Control	-	7 %	18 %
Ejemplo 1	0.5 kg/m ³	6 %	14 %
	1.8 kg/m ³	4 %	10 %
Ejemplo 2	0.5 kg/m ³	5 %	13 %
	1.8 kg/m ³	1 %	8 %
Ejemplo 3	0.5 kg/m ³	6%	12%
	1.8 kg/m ³	2%	7%
Ejemplo 4	0.5 kg/m ³	4%	11%
	1.8 kg/m ³	3%	8%

Como puede verse a partir de los datos del cuadro 3, las composiciones que incluyen el organosilano no iónico soluble en agua generalmente reducen el hinchamiento del suelo significativamente más debido a una mejor penetración y una mayor densidad molar de estas composiciones.

Estas y otras modificaciones y variaciones de la invención pueden ser practicadas por los expertos en la técnica sin apartarse de la esencia y alcance de la invención, que se expone más particularmente en las reivindicaciones adjuntas. Además, debe entenderse que los aspectos de las diversas modalidades pueden intercambiarse total o parcialmente. Además, los expertos en la técnica apreciarán que la descripción anterior es sólo a modo de ejemplo, y no se pretende que limite la invención como se describe adicionalmente en tales reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, la esencia y alcance de las reivindicaciones adjuntas no deberían limitarse a la descripción ejemplar de las versiones aquí contenidas.