

AGENTE FITOSANITARIO Y SU USO PARTICULAR EN EL TRATAMIENTO DE PLANTAS INFECTADAS POR XYLELLA FASTIDIOSA

Campo de la Invención

5 La presente invención se refiere al uso de un complejo de coordinación organometálico y/o su ligando como agente fitosanitario en plantas, en particular en el tratamiento de infecciones bacterianas por *Xylella fastidiosa*, preferiblemente en planta de olivo.

Antecedentes de la Invención

10 En los últimos años en Italia se han introducido inadvertidamente numerosos organismos nocivos en el sector agrícola a través de la importación de material vegetal infectado, como la sarna negra de la papa (*Synchytrium endobioticum*), el cáncer bacteriano de la actinidia (*Pseudomonas syringae*) y la bacteria gramnegativa *Xylella fastidiosa*. Se estima que desde 2013, en la región de Puglia, en el sur de Italia, la
15 bacteria *Xylella fastidiosa* ha infectado alrededor del 6.5% de las plantas de olivo supervisadas, lo que ocasiona un enorme impacto ambiental y económico para los agricultores, así como una dramática caída en la producción de aceite de la región.

La *X. fastidiosa* ha sido reconocida como un patógeno de cuarentena capaz de causar graves pandemias fitosanitarias en los territorios en los que se establece y, por
20 lo tanto, ha sido incluido en la lista A1 de la organización fitosanitaria europea y mediterránea EPPO, directiva 2000/29/EC.

Ref. 333929

Esta bacteria, especialmente peligrosa en el sector agrícola, pertenece a la familia *Xanthomonadaceae* y se caracteriza por una gran variabilidad genética y fenotípica. De hecho, se conocen cuatro subespecies de *Xylella*, que son capaces de
25 infectar unos 150 tipos diferentes de plantas.

Sin embargo, el mecanismo de ataque es similar para todas las variedades de la bacteria, de hecho, la *Xylella*, al no ser una bacteria esporógena, se transmite a través de insectos vectores, en particular los de la familia de los Cicadellidae, que se alimentan de la succión de los vasos linfáticos de las plantas. Estos insectos, al
30 alimentarse de una planta infectada, transmiten luego la bacteria a una planta sana. Una

vez transmitida a la planta huésped sana, la bacteria se multiplica en los vasos del xilema, cuya función es conducir la savia bruta rica en nutrientes desde las raíces hasta el tallo y las hojas. La multiplicación bacteriana continúa hasta que estos vasos se bloquean mediante la creación de una especie de gel que impide el flujo regular de la savia bruta.

- 5 Tras esta colonización, en la planta se desarrollan una serie de alteraciones biológicas que pueden determinar incluso la muerte de la propia planta.

Entre las enfermedades causadas por la *X. fastidiosa* destacan la "enfermedad de Pierce", que puede ser destructiva en la vid, la clorosis variegada de los cítricos y el complejo de la desecación rápida de la planta del olivo. Enfermedades
10 igualmente graves pueden afectar también al almendro, el manzano, el peral, la adelfa y diversas especies de esencias forestales y plantas ornamentales.

Los síntomas típicos y más frecuentes de estas enfermedades incluyen la quema de las hojas, el crecimiento reducido y la desecación de las ramas y los brotes.

Aunque esta bacteria se conoce desde hace más de un siglo, todavía no
15 existe una terapia eficaz para tratar las plantas enfermas.

Hasta la fecha, existe una especie de contención de la infección en el medio ambiente esencialmente a través de dos prácticas.

Al no poder actuar sobre la propia bacteria, la primera práctica se basa en tratar de golpear al vector, es decir, a los insectos que propagan la bacteria, mediante
20 tratamientos insecticidas y a menudo se corta la hierba, para eliminar las larvas y los insectos aún jóvenes.

Sin embargo, son bien conocidos los inconvenientes asociados al uso de insecticidas que, en dosis elevadas, pueden causar daños importantes también en los seres humanos, como por ejemplo mareos, dolor de cabeza, náuseas, espasmos
25 musculares, convulsiones, dificultades respiratorias, erupciones cutáneas, alteraciones endocrinas, problemas reproductivos, problemas de aprendizaje, etc.

Además, aunque el uso de productos insecticidas conduce a una reducción de la propagación de la bacteria, aún es necesario usar la segunda práctica en combinación para contener la propagación del microorganismo.

30 Esta segunda práctica consiste en la reducción del reservorio de la bacteria

mediante la tala de las plantas infectadas.

La tala de árboles, sin embargo, supone enormes pérdidas tanto desde el punto de vista medioambiental por la erradicación de plantas, especialmente las de olivo, que en su mayor parte son plantas seculares, como desde el punto de vista del suministro de aceite, ya que disminuye el número de aceitunas a exprimir.

No menos importante, sobre todo desde el punto de vista del agricultor, es que la tala de árboles provoca enormes pérdidas a nivel económico tanto por la falta de producción y venta de aceite como por el tiempo que transcurre entre el cultivo de una nueva planta de olivo y el momento en que ésta alcanza el régimen de producción.

La presente invención pretende superar las limitaciones e inconvenientes de los tratamientos para la erradicación de *X. fastidiosa*, indicados anteriormente.

El objetivo de la invención es proporcionar un tratamiento de las infecciones por *Xylella fastidiosa* en las plantas, particularmente en las plantas de olivo, que supere los inconvenientes de la técnica anterior.

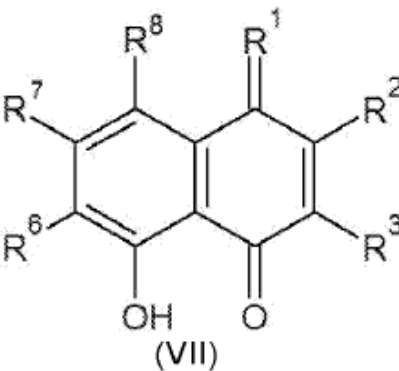
Sumario de la Invención

El propósito anterior se logró mediante un complejo de coordinación organometálico.

La invención se refiere por tanto al uso de un complejo de coordinación organometálico, o su sal fitofarmacéuticamente aceptable, de un metal M^{m+} y al menos un ligando L,

donde M^{m+} es un metal de transición que tiene un número de oxidación m,

L es un ligando de fórmula general (VII)



o su anión,

en el que

R^1 se selecciona del grupo formado por oxígeno, alquilo mono o policíclico, residuo de naftaleno, residuo de antraceno y sus derivados hidroxilados o cetónicos;

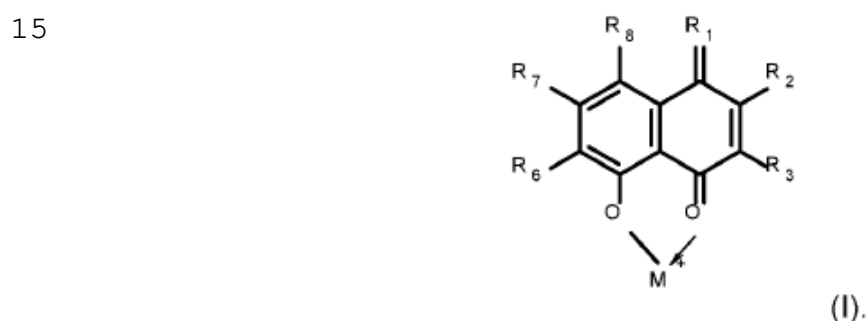
R^2 y R^3 son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre el hidrógeno, el halógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo o R^2 y R^3 forman juntos un derivado del benceno;

R^6 , R^7 y R^8 son idénticos o diferentes y se seleccionan independientemente entre hidrógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo, un grupo fenilo, un grupo arilo, en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en plantas.

En una modalidad preferida y ventajosa de la invención, el metal de transición se selecciona entre Cu, Zn y Ni, más preferiblemente Cu.

Ventajosamente, el ligando L es 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona.

En una modalidad más preferida, el complejo organometálico de la invención tiene por tanto la fórmula general (I)

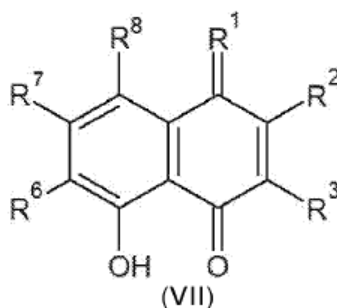


Por lo tanto, los propósitos mencionados se logran mediante el uso de un complejo de coordinación de fórmula general (I) como agente fitosanitario.

Por definición, un complejo de coordinación organometálico es un compuesto formado comúnmente por un ion de un metal de transición cargado positivamente que se coordina con moléculas orgánicas neutras o iones cargados negativamente, denominados ligandos.

Los inventores también han encontrado que el ligando L de fórmula (VII) o una sal fitofarmacéuticamente aceptable del mismo era capaz de actuar solo como agente fitosanitario contra *X. fastidiosa*.

Por lo tanto, en otro aspecto la invención se refiere al uso de un compuesto de fórmula general (VII)



5

o una sal fitofarmacéuticamente aceptable del mismo,

en la que R^1 se selecciona entre oxígeno, alquilo mono o policíclico, residuo de naftaleno, residuo de antraceno y sus derivados hidroxilados o cetónicos;

R^2 y R^3 son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre hidrógeno, halógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo o R^2 y R^3 forman juntos un derivado del benceno;

R^6 , R^7 y R^8 son idénticos o diferentes e independientemente entre sí se seleccionan de entre hidrógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo, un grupo fenilo, un grupo arilo en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en una planta.

Ventajosamente, el compuesto (VII) de la invención aplicado sobre una planta infectada es absorbible por la planta y puede alcanzar los vasos del xilema de la misma donde cumple su función fitofarmacéutica.

Sin estar atados a ninguna teoría, los inventores creen que el ligando L de fórmula (VII) solo y complejoado con un metal de transición es capaz de ser absorbido y permitir la acción fitofarmacéutica en las plantas contra las bacterias, en particular la *Xylella fastidiosa*, de una manera inesperada y sorprendente.

Esta capacidad de ser absorbido por la planta, de hecho, hace que el mencionado compuesto (VII), solo o complejoado, sea particularmente adecuado para el uso en el tratamiento de plantas infectadas con *Xylella fastidiosa*, preferiblemente en plantas de olivo infectadas por esta bacteria. La invención también se refiere a una composición fitosanitaria para el tratamiento de las infecciones bacterianas de las plantas.

Por lo tanto, en otro aspecto la invención se refiere a una composición fitofarmacéutica que comprende el complejo de coordinación organometálico o su sal fitofarmacéuticamente aceptable como se ha definido anteriormente y el compuesto de

fórmula (VII) o su sal fitofarmacéuticamente aceptable.

Esta composición es, por tanto, útil para el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en plantas, preferiblemente en plantas de olivo.

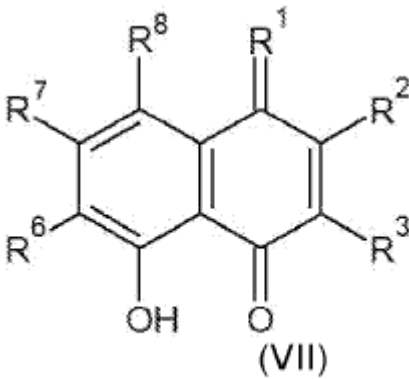
Breve Descripción de las Figuras

- La Figura 1 muestra el espectro experimental de infrarrojos (IR) del complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre;
- La Figura 2 muestra el espectro IR calculado del complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre;
- La Figura 3 muestra el espectro IR experimental del complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con níquel;
- La Figura 4 muestra el espectro IR simulado del complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con níquel;
- La Figura 5 muestra el espectro IR experimental del complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con zinc; es
- La Figura 6 muestra el espectro IR simulado del complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con zinc.

Descripción Detallada de la Invención

La invención se refiere al uso de un complejo de coordinación organometálico, o su sal fitofarmacéuticamente aceptable, de un metal M^{m+} y al menos un ligando L,

donde M^{m+} es un metal de transición que tiene un número de oxidación m, L es un ligando de fórmula general (VII)



o su anión,
en el que

R^1 se selecciona del grupo formado por oxígeno, alquilo mono o policíclico, residuo de naftaleno, residuo de antraceno y sus derivados hidroxilados o cetónicos;

R^2 y R^3 son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre el hidrógeno, el halógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo o R^2 y R^3 forman juntos un derivado del benceno;

R^6 , R^7 y R^8 son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre hidrógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo, un grupo fenilo, un grupo arilo, en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en las plantas.

M^{m+} es un metal de transición que tiene un número de oxidación m .

Preferiblemente, m es igual a 2.

Preferiblemente, el metal de transición M^{m+} se selecciona entre los metales del cuarto período de la tabla periódica, más preferiblemente, el metal de transición M^{m+} se selecciona entre el grupo que consiste en manganeso, hierro, cobalto, níquel, cobre y zinc.

Más preferiblemente, el mencionado metal de transición se selecciona entre el cobre y el zinc.

En una modalidad ventajosa y preferida de la invención, el metal de transición es el cobre.

El complejo de coordinación organometálico con cobre de la invención resultó ser particularmente ventajoso no *solo* por las propiedades de agente fitosanitario, sino también como agente anticriptogámico, de hecho, el cobre es un metal conocido con capacidades antifúngicas. Ventajosamente el complejo de coordinación de la invención es de hecho absorbible por la planta donde se aplica, y puede por tanto actuar como vehículo para el cobre complejado al mismo.

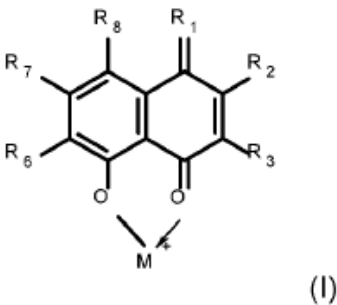
Todavía ventajosamente, el uso del cobre en el sector agrícola también está autorizado en la agricultura ecológica, y para algunas aplicaciones particulares incluso en la agricultura biodinámica.

El complejo de coordinación organometálico de la invención comprende al menos un ligando de Fórmula (VII).

En una modalidad preferida de la invención del ligando de fórmula (VII), R¹ es oxígeno, R² y R³ son idénticos o diferentes y se seleccionan independientemente entre hidrógeno o un grupo alquilo lineal o ramificado C₁-C₆, es decir que tenga de 1 a 6 átomos de carbono, como un grupo metilo, etilo, butilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, sec-butilo, ter-butilo, etc.; R⁶, R⁷ y R⁸ son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre hidrógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alquilo lineal o ramificado C₁-C₆.

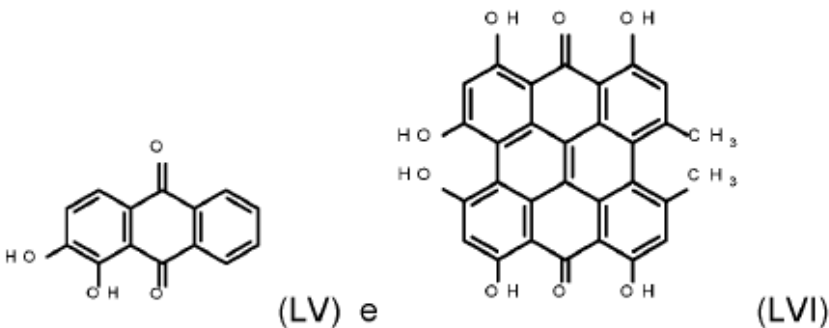
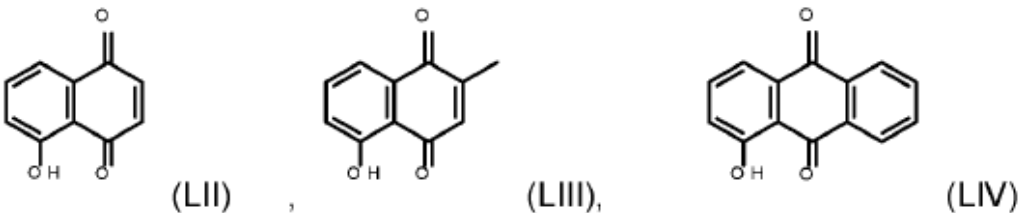
Más preferiblemente, el ligando L de fórmula (VII) es 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona.

En una modalidad más preferida, el complejo organometálico de uso como fitosanitario en el tratamiento de la invención tiene por tanto la fórmula general (I)



Por lo tanto, los propósitos mencionados también se logran mediante el uso de un complejo de coordinación de fórmula general (I) como agente fitosanitario en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa*.

El al menos un ligando L de fórmula (VII) del complejo de coordinación se selecciona preferentemente del grupo formado por el ligando de fórmula (LII), (LIII), (LIV), (LV) y (LVI)

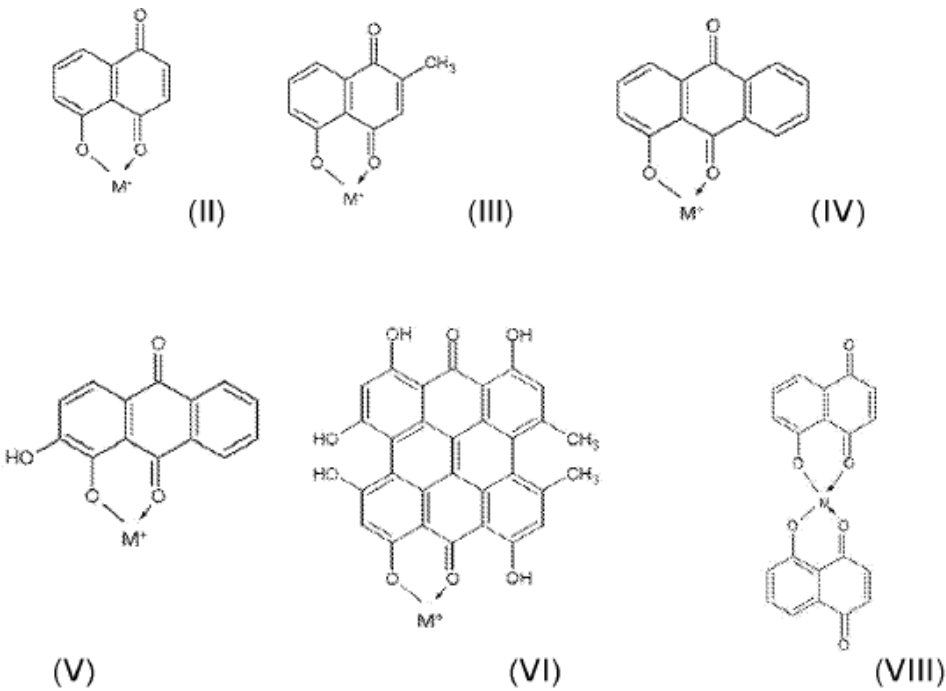


o sus respectivos aniones.

Más preferiblemente, el al menos un ligando L de fórmula (VII) es 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona o su anión, es decir, el ligando de fórmula (LII).

Particularmente en la presente invención se prefiere el uso del complejo de coordinación de fórmula (LII) 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona o su anión complejoado con el mencionado metal de transición. En esta modalidad preferida y ventajosa de la invención, el metal de transición se selecciona preferiblemente entre Cu, Zn y Ni, más preferiblemente Cu, incluso más preferiblemente con un estado de oxidación 2. Ventajosamente, el ligando L de fórmula (VII) es por tanto 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona de fórmula (LII) o su anión.

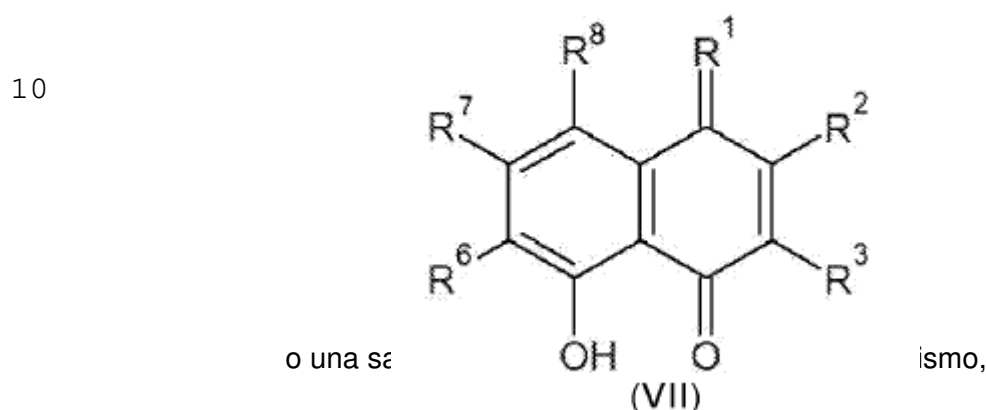
La invención se refiere por lo tanto a un complejo de coordinación organometálico seleccionado del grupo que consiste en el complejo de fórmula (II), (III), (IV), (V), (VI) y (VIII)



De acuerdo con la invención, el complejo de coordinación organometálico aplicado en la planta infectada es absorbible por la propia planta y puede alcanzar los vasos del xilema, donde cumple su acción antibacteriana y antifúngica. Como se ha indicado anteriormente, esta capacidad de ser absorbido por la planta es especialmente ventajosa para el uso en el tratamiento de plantas infectadas con *Xylella fastidiosa*, de

hecho, esta bacteria anida en los vasos del xilema y por lo tanto es necesario que el agente fitosanitario sea absorbido para realizar su función.

Los inventores también han encontrado que incluso *solo* el ligando L de fórmula (VII) o su sal fitofarmacéuticamente aceptable era capaz de actuar solo como agente fitosanitario contra la *Xylella fastidiosa*. Por lo tanto, en otro aspecto la invención se refiere al uso de un compuesto de fórmula general (VII)



15 donde R¹ se selecciona del grupo que consiste en oxígeno, alquilo mono o policíclico, residuo de naftaleno, residuo de antraceno y sus derivados hidroxilados o cetónicos;

R² y R³ son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre el hidrógeno, el halógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo o R² y R³ juntos formando un derivado del benceno;

20 R⁶, R⁷ y R⁸ son idénticos o diferentes y se seleccionan de forma independiente entre hidrógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo, un grupo fenilo, un grupo arilo, en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en una planta.

25 Los aspectos ventajosos y preferidos indicados anteriormente para el complejo de coordinación organometálico son los mismos que los del compuesto de fórmula (VII), este último es el ligando del metal M^{m+} del complejo de la invención.

El complejo de coordinación de la invención y el ligando L de fórmula (VII) se usan en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en plantas.

30 La planta de acuerdo con la invención se selecciona preferiblemente del

grupo formado por el olivo, los cítricos, la vid, el almendro, el manzano, la pera, la adelfa, diferentes especies de esencias forestales y plantas ornamentales. Más preferiblemente, dicha planta es el olivo.

La invención también se refiere a una composición fitosanitaria para el
5 tratamiento de las infecciones bacterianas de las plantas, específicamente en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa*.

En efecto, los inventores han observado que el uso combinado del complejo según la invención junto con el compuesto de Fórmula (VII) era eficaz en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en plantas, preferiblemente de olivo.

10 En la modalidad preferida y probada de la invención, en la que el compuesto de Fórmula (VII) o su anión es LI I, la complejación con el mencionado metal de transición para formar el complejo de coordinación de la invención, potencia la actividad antibacteriana de la propia 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona.

En otro aspecto, por lo tanto, la invención se refiere a una composición
15 fitosanitaria que comprende el complejo de coordinación organometálico o su sal fitofarmacéuticamente aceptable y el compuesto de fórmula (VII) o su sal fitofarmacéuticamente aceptable. La composición fitosanitaria puede comprender al menos un vehículo fitofarmacéuticamente aceptable y/o al menos un excipiente fitofarmacéuticamente aceptable.

20 Esta composición fitosanitaria es particularmente adecuada para su uso en plantas en el tratamiento de patógenos bacterianos y fúngicos, preferiblemente en el tratamiento de infecciones por *Xylella fastidiosa*.

En otro aspecto, por tanto, la invención se refiere al uso de la composición fitosanitaria en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en plantas. La planta según la
25 invención se selecciona preferiblemente del grupo formado por olivo, cítricos, vid, almendro, manzano, peral, adelfa, diferentes especies de esencias forestales y plantas ornamentales. Más preferiblemente, dicha planta es el olivo.

Preferiblemente, la composición fitosanitaria que comprende el complejo de coordinación de la invención, comprende el complejo de coordinación en el que el ligando
30 L es 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona de Fórmula (LII) o su anión complejado con un metal de

transición $Mm+$.

La composición fitosanitaria de la invención puede comprender un complejo de coordinación seleccionado del grupo que consiste en el complejo de Fórmula (II), (III), (IV), (V), (VI) y (VIII) y sus respectivos aniones antes mencionados y sus mezclas.

5 Preferiblemente, esta composición fitosanitaria de la invención comprende al menos una de las 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con cobre, 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con zinc o sus mezclas. Según la invención, esta composición fitosanitaria comprende el complejo de coordinación de la invención mezclado con el compuesto de fórmula (VII) de la invención.

10 Preferiblemente, la composición comprende también el compuesto de fórmula (VII), es decir, el compuesto 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona (LII).

Preferiblemente, de acuerdo con esta modalidad, el complejo de coordinación de la invención está presente en una concentración de aproximadamente 30-50 ppm y la 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona está presente en una concentración de
15 aproximadamente 40-50 ppm.

En particular, cuando en la composición fitosanitaria de la invención el compuesto de fórmula (VII) es 5-hidroxinaftaleno-1,4-diona (LII), puede estar presente en forma sintética y/o en forma de derivado vegetal. De hecho, este compuesto está presente en la naturaleza en la hoja, la raíz y la corteza de los árboles de la familia Juglandaceae,
20 en particular en los *Juglans nigra*, *J. Regia*, *J. Ailanthifolia*, *J. Cathayensis*, *J. Cinerea*, *J. Hndsii*, *J. Microcarpa* y *J. Stenocarpa*, y puede obtenerse mediante técnicas conocidas, desecando y triturando la cáscara de nuez.

El al menos un vehículo fitofarmacéuticamente aceptable de la composición de la invención es preferiblemente agua, más preferiblemente agua bidestilada.
25 Ventajosamente, el agua es fácilmente absorbida por la planta y no tiene impacto ambiental.

La composición fitosanitaria de la invención puede comprender uno o más excipientes entre los convencionales que se elegirán según la práctica habitual.

Dichos excipientes pueden incluir, entre otros, coformulantes que sirven
30 para reducir la concentración del complejo de coordinación, como sustancias inertes y

diluyentes.

La composición de la invención también puede comprender uno o más compuestos adyuvantes/excipientes que tienen por objeto aumentar la eficacia del complejo de coordinación y favorecer su distribución.

5 Entre los ejemplos de tales adyuvantes se encuentran sinergistas, emulsionantes, agentes humectantes, pegajosos, humectantes, propulsores para formulaciones en aerosol, diluyentes inertes, antigoteo, agentes antiespumantes, conservantes, etc.

10 Ejemplos particularmente preferidos de adyuvantes sinérgicos de la composición fitosanitaria de la invención incluyen el cobre coloidal, la plata coloidal, la cáscara de nuez en polvo, la aloína, un extracto de aloe y sus mezclas.

Ventajosamente, la cáscara de nuez en polvo comprende 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona en un porcentaje variable entre 0.05 y 0.25%, lo que aumenta la acción antibacteriana de la propia composición.

15 La composición fitosanitaria de la presente invención puede presentarse en forma líquida o sólida.

Los ejemplos de formulaciones líquidas incluyen polvos humectables en los que el complejo de coordinación y/o el compuesto (VII) se muele finamente en presencia de excipientes humectantes, dispersantes, inertes y otros per se conocidos, para obtener
20 un producto capaz de formar una suspensión, cuando se mezcla en agua. Otro ejemplo de formulación líquida comprende el polvo soluble, es decir, una formulación en polvo como la anterior, que forma una solución diluida estable, cuando se mezcla en agua.

La composición fitosanitaria también puede estar en forma de emulsión en agua, preferiblemente en presencia de tensioactivos, dispersantes u otros estabilizadores
25 para asegurar la estabilidad.

La composición también puede estar en forma de gránulos dispersables, suspensiones de microcápsulas en las que el complejo de coordinación o el compuesto de Fórmula (VII) está finamente emulsionado en agua y recubierto con una fina película polimérica. Esta formulación tiene la ventaja de liberar la sustancia activa gradualmente,
30 logrando una considerable reducción de la toxicidad aguda.

La formulación de la composición fitosanitaria en forma líquida es particularmente preferida debido a la facilidad de aplicación en la planta por rociado o aerosol.

Ejemplos de formulaciones sólidas de la composición fitosanitaria de la invención incluyen
5 gránulos y polvos secos.

La composición fitosanitaria puede usarse en forma de formulación para tratamientos endoterápicos, es decir, inyectándola en el tronco de la planta.

En esta formulación endoterápica, la composición fitosanitaria comprenderá adyuvantes especialmente formulados ya conocidos per se para ser inyectados a lo largo
10 de los vasos del xilema y extendidos a lo largo de éstos.

Ventajosamente, la formulación endoterápica tiene una acción de lavado menor que los agentes atmosféricos, una persistencia de acción prolongada, una reducción de las dosis de aplicación y una menor dispersión en el medio ambiente en comparación con las formulaciones de aplicación externa.

15 La composición de la invención también puede presentarse en forma de formulación sólida, líquida o gaseosa para tratamientos gaseosos, es decir, fumigaciones.

La composición fitosanitaria de la invención es ventajosamente adecuada para su uso como agente fitosanitario en plantas.

Como se ha indicado anteriormente, la composición anterior se usa
20 preferiblemente para el tratamiento de infecciones bacterianas por bacterias gramnegativas, preferiblemente por *Xylella fastidiosa*, en las plantas.

Ventajosamente, esta composición es particularmente eficaz en el tratamiento de infecciones por *Xylella fastidiosa* en plantas de olivo.

Los ejemplos no limitantes del tratamiento de plantas de olivo infectadas
25 con *Xylella fastidiosa* mediante la aplicación de las composiciones fitosanitarias mencionadas se reportan en los ejemplos de 3.1 a 3.5.

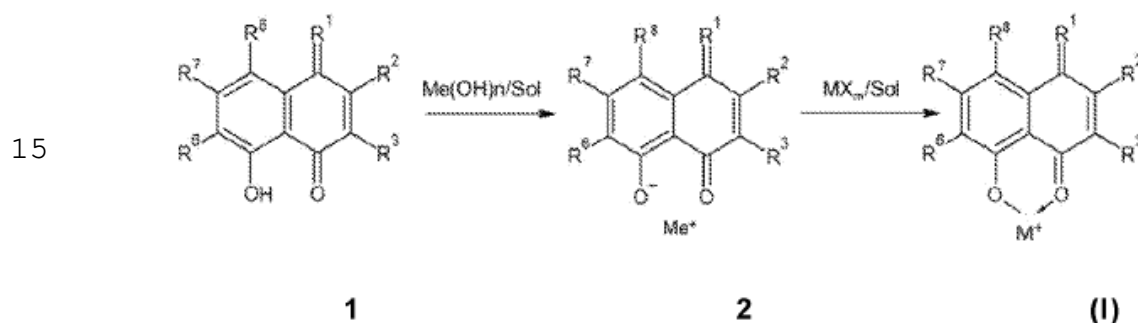
Particularmente en la presente invención se prefiere el uso del complejo de coordinación de fórmula (II) en el que el ligando L es 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona de fórmula (LI I) o su anión complejoado con el metal de transición mencionado,
30 preferiblemente cobre o zinc, más preferiblemente cobre, incluso más preferiblemente

cobre que tiene un número de oxidación 2.

Ventajosamente, la parte orgánica del complejo de coordinación de fórmula (II), es decir, el aglutinante LII es un compuesto ya presente en la naturaleza, por lo que su uso como agente fitosanitario tiene un impacto limitado desde el punto de vista medioambiental.

De acuerdo con otra modalidad preferida de la invención, el complejo de coordinación (II) comprende un ligando de 5-hidroxinaftaleno-1,4-diona de fórmula (LII) o su anión complejado con zinc.

El complejo de coordinación (I) de la invención puede prepararse a partir del derivado C5-hidroxi del complejo de coordinación (I) en la forma no complejada, es decir, el ligando de fórmula (VII) indicado en la siguiente reacción con el número 1 y para el que se han definido previamente R^1 , R^2 , R^3 , R^6 , R^7 , R^8 .



El derivado hidroxilo 1 se hace reaccionar con un hidróxido de la fórmula general $Me(OH)_n$, donde Me es un metal y n es el número de oxidación de este metal Me, para permitir la liberación del hidrógeno del grupo hidroxilo en C5 y la formación de la correspondiente sal metálica 2. Para obtener el complejo de coordinación (I) de la invención, la sal metálica 2 se hace reaccionar en una cantidad equimolar con una sal MX_m , en la que M es el metal de transición que formará el complejo de coordinación (I), X es un halógeno y m es el número de oxidación del metal de transición M.

La sal MeX_n se obtiene como subproducto.

Las reacciones anteriores se llevan a cabo en un disolvente prótico indicado en el esquema de reacción como Sol, como agua, etanol o metanol. Se prefiere especialmente el uso de etanol.

Preferiblemente, la reacción entre la sal metálica 2 y la sal MX_m se lleva a

cabo en condiciones de reflujo.

De acuerdo con la modalidad en la que el complejo de coordinación tiene la fórmula general (II) complejo con cobre, dicho complejo se prepara a partir de una solución etanólica de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona de fórmula (LII), a la que se añade
5 lentamente una solución etanólica de hidróxido de sodio. A esta mezcla se le añade lentamente CuCl_2 disuelto en etanol. Después de la adición, se mantiene el reflujo durante unas 3-7 horas, preferiblemente unas 5 horas, luego se enfría y se evapora el disolvente a presión reducida, obteniéndose así la 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con cobre, es decir, el complejo de fórmula general (II). El subproducto de la reacción es en cambio
10 el NaCl.

El producto obtenido por la reacción anterior se caracterizó estructuralmente mediante espectroscopia infrarroja IR y análisis de espectrometría de masas MS, como se muestra en detalle en el Ejemplo 2.

Como ya se ha indicado anteriormente, el compuesto (VII), el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I), y la composición fitosanitaria de
15 la invención presentan ventajosamente actividad antibacteriana, preferiblemente en forma de agente fitosanitario contra la *Xylella fastidiosa*.

De acuerdo con la invención, el compuesto (VII), el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I), y la composición fitosanitaria de
20 la invención se usan en el tratamiento de infecciones bacterianas por bacterias gramnegativas en plantas, preferiblemente *Xylella fastidiosa*.

Se prefiere particularmente el uso como agente fitosanitario en plantas de olivo.

En particular, el compuesto (VII), el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I), y la composición fitosanitaria de la invención
25 han demostrado ventajosamente ser adecuados para su uso como agentes fitosanitarios en el tratamiento de infecciones por *Xylella fastidiosa*, preferiblemente en el tratamiento de infecciones por *Xylella fastidiosa* en plantas de olivo.

En este tratamiento, el compuesto (VII), el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I), y la composición fitosanitaria de la invención
30

pueden aplicarse sobre el tronco y/o sobre las hojas de las plantas infectadas. Preferiblemente, también se aplican en el suelo que rodea a la planta infectada, hasta un radio de unos 1-2 metros desde el tronco de la planta.

5 Todavía preferiblemente, el compuesto (VII), el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I), y la composición fitosanitaria de la invención se disuelven en un disolvente acuoso antes de su aplicación en las plantas, para favorecer su dispersión en la propia planta y, en su caso, en el terreno circundante.

Asimismo, se aplican cada uno de ellos preferiblemente en una cantidad que oscila entre 100-250 mg, preferiblemente unos 200 mg por cada planta tratada.
10 Ejemplos no limitantes de la aplicación del mencionado complejo de coordinación (I) en plantas de olivo infectadas con *Xylella fastidiosa*, se reportan en los ejemplos de 3.1 a 3.3.

Además, los ejemplos no limitantes de la aplicación del compuesto (VII) en plantas de olivo infectadas con *Xylella fastidiosa*, se reportan en los ejemplos 3.4 y 3.5.

Como ya se ha indicado anteriormente, se supone que la eficacia del
15 complejo de coordinación de la invención se debe en parte a la capacidad de su parte orgánica, es decir, el ligando de Fórmula (VII), de ser absorbido a través del tronco de la planta hasta los vasos del xilema, en los que anida la bacteria y posteriormente destruir o promover, a través de mecanismos internos a la propia bacteria, la destrucción de la biopelícula que rodea al propio microorganismo, provocando su muerte.

20 Independientemente del mecanismo de acción, el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I) de la invención tiene también la ventaja de poder transportar el metal de transición al que está coordinado, en particular al interior del tronco de la planta.

Además, ventajosamente, cuando el metal de transición es cobre u otro
25 metal de transición con actividad antifúngica, también puede llevar a cabo esta acción antifúngica en la planta tratada.

De hecho, el complejo de coordinación actúa como un vehículo para el metal de transición. Este vehículo, al ser absorbible por el tronco de la planta, permite que el metal ejerza su acción fungicida en profundidad. En particular, esta capacidad del
30 conjunto de coordinación de vehicular el metal en el interior del tronco de la planta permite

obtener una eficacia fungicida igual o superior a la del metal en forma, por ejemplo, de sulfato, oxiclورو, hidróxido, etc. pero, ventajosamente, usando menores cantidades de metal libre y, por tanto, con un menor riesgo de fitotoxicidad.

Esta característica es particularmente ventajosa sobre todo en la agricultura ecológica.

Otra ventaja del uso del compuesto (VII), del complejo de coordinación, preferiblemente del complejo de fórmula (I), y de la composición fitosanitaria de la invención como agentes fitosanitarios es la de ser inofensivos para los insectos, como por ejemplo las abejas, en vista de que no son tóxicos por contacto o por ingestión.

De acuerdo con otras modalidades de la presente invención, el compuesto (VII), el complejo de coordinación, preferiblemente el complejo de fórmula (I), y la composición fitosanitaria de la invención pueden usarse en forma de mezcla con productos que tienen acción fertilizante conocida per se.

La invención se describe ahora con referencia a algunos ejemplos de modalidad del complejo de coordinación de la invención y su actividad, del compuesto de fórmula (VII) y de la composición fitosanitaria con fines ilustrativos y no limitativos de la invención.

Ejemplo 1. Síntesis del complejo de coordinación

1.1 Síntesis de la 5-hidroxi-naftalen-1,4-diona complejada con cobre

Se disuelven 0.23 mmol de 5-hidroxi-naftalen-1,4-diona en 7.5 ml de etanol. A la solución obtenida se le añade una solución etanólica 0.24 M de NaOH. La solución amarilla se vuelve púrpura al instante.

A esta mezcla se añaden lentamente 0.23 mmol de CuCl_2 disuelto en 2 ml de etanol. Tras la adición, se mantiene a reflujo durante unas 5 horas. La solución obtenida se enfría y el disolvente presente se evapora a presión reducida por lo que se obtiene el complejo de coordinación de la invención 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejado con cobre.

El subproducto de la reacción es el NaCl.

1.2 Síntesis de la 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con níquel

Se disuelven 0.23 mmol de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona en 7.5 ml de

etanol. A la solución obtenida se le añade una solución etanólica 0.24 M de NaOH. La solución amarilla se vuelve púrpura al instante.

A esta mezcla se añaden lentamente 0.23 mmol de NiCl_2 disuelto en 2 ml de etanol. Tras la adición, se mantiene a reflujo durante unas 5 horas. La solución obtenida se enfría y el disolvente presente se evapora a presión reducida por lo que se obtiene el complejo de coordinación de la invención 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre.

El subproducto de la reacción es el NaCl.

1.3 Síntesis de la 5-hidroxi-naftalen-1,4-diona complejada con zinc

Se disuelven 0.23 mmol de 5-hidroxi-naftalen-1,4-diona en 7.5 ml de etanol. A la solución obtenida se le añade una solución etanólica 0.24 M de NaOH. La solución amarilla se vuelve púrpura al instante.

A esta mezcla se añaden lentamente 0.23 mmol de ZnCl_2 disuelto en 2 ml de etanol. Tras la adición, se mantiene a reflujo durante unas 5 horas. La solución obtenida se enfría y el disolvente presente se evapora a presión reducida por lo que se obtiene el complejo de coordinación de la invención 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre.

El subproducto de la reacción es NaCl.

Ejemplo 2. Caracterización estructural de los complejos de coordinación

La muestra sólida de cada uno de los complejos de coordinación resumidos en los ejemplos del 1.1 al 1.3 se depositó y presionó directamente sobre un cristal de seleniuro de zinc de un dispositivo de Reflexión Total Atenuada (ATR, por sus siglas en inglés) de un instrumento FTIR Equinox Bruker para la determinación del espectro IR correspondiente.

Los espectros IR se registraron en el intervalo de números de onda entre 4000 y 600 cm^{-1} , sin embargo, la región entre 1000 y 1800 cm^{-1} es la de mayor interés ya que es aquí donde se localizan las mayores variaciones de absorción.

El espectro registrado tiene una buena correspondencia con el simulado obtenido mediante cálculos DFT al nivel de teoría de B3LYP/6-311G (d), tanto en lo que

se refiere al número de bandas como a las respectivas frecuencias de absorción.

El procesamiento de los espectros se realizó con el software OPUS 4.2, suministrado con el instrumento.

El valor de las frecuencias de absorción debe considerarse con un error de $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$.

La caracterización estructural de los complejos de coordinación usados en las mediciones IR se llevó a cabo mediante mediciones de espectrometría de masas (MS, por sus siglas en inglés) con ionización por electrorociado (ESI, por sus siglas en inglés).

El análisis de EM se realizó a presión atmosférica pulverizando una solución del complejo de coordinación en un disolvente prótico polar, metanol y agua, a través de una aguja con alto potencial eléctrico, capaz de donar o aceptar un protón de la molécula del analito. Se forman iones pseudomoleculares, detectables en condiciones de iones negativos o positivos.

A continuación, se usó un analizador de trampa iónica (IT) para diferenciar los iones generados en función de su relación masa/carga (m/z).

Los espectros MS se registraron con un instrumento BrukerEsquire-LCTM, equipado con una fuente de electrorociado y un analizador APCI, realizando las mediciones en iones positivos y negativos por infusión directa de una solución en agua/acetonitrilo.

2.1 Espectroscopia IR para el complejo de coordinación de 5-hidroxinaftaleno-1,4-diona con cobre

El complejo de coordinación obtenido en el ejemplo 1.1 se analizó mediante el espectro IR, tal y como se informó anteriormente.

A partir del espectro experimental IR obtenido, mostrado en la Figura 1, fue posible determinar el espectro simulado, mostrado en la Figura 2, y asignar frecuencias de estiramiento para los grupos

a) grupo C=O en posición 1 a 1676 cm^{-1} que corresponde a una absorción experimental a 1655 cm^{-1} ;

b) el grupo C=O en la posición 4 presenta dos modos vibracionales a 1430 y 1383 cm^{-1} que corresponden a 1424 y 1391 cm^{-1} en el espectro experimental;

c) el doble enlace C(2)=C(3) en 1600 cm^{-1} corresponde a la frecuencia experimental en 1619 cm^{-1} ;

d) el enlace C(5)-O tiene dos modos vibracionales a 1430 y 1424 cm^{-1} correspondientes a la absorción experimental de 1452 y 1417 cm^{-1} . De la asignación resulta que el oxígeno de C(4)=O se coordina a través de uno de sus dobletes electrónicos libres con los orbitales vacíos de tipo d del ion metálico, formando un enlace que reduce su carácter de doble enlace.

2.2 Espectroscopia IR para el complejo de coordinación de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con níquel

El complejo de coordinación obtenido en el ejemplo 1.2 se analizó mediante el espectro IR, tal y como se informó anteriormente.

A partir del espectro experimental obtenido, mostrado en la Figura 3, fue posible determinar el espectro simulado, mostrado en la Figura 4, y asignar frecuencias de estiramiento para los grupos:

a) C(1)=O a 1676 cm^{-1} que corresponde a una absorción experimental a 1661 cm^{-1} ;

b) C(4)=O tiene dos modos vibracionales a 1439 y 1389 cm^{-1} que corresponden a 1441 y 1383 cm^{-1} en el espectro experimental;

c) C(2)=C(3) a 1595 cm^{-1} que corresponde a la frecuencia experimental a 1591 cm^{-1} ;

d) C(5)-O presenta dos modos vibracionales a 1439 y 1441 cm^{-1} correspondientes a la absorción experimental 1452 y 1417 cm^{-1} .

Se observó un comportamiento muy similar al caso del complejo de coordinación de cobre del ejemplo 1.1.

2.3 Espectroscopia IR para el complejo de coordinación de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con zinc

El complejo de coordinación obtenido en el ejemplo 1.3 se analizó mediante el espectro IR, tal y como se informó anteriormente.

A partir del espectro experimental obtenido, mostrado en la Figura 5, fue posible determinar el espectro simulado, mostrado en la Figura 6, y asignar frecuencias

de estiramiento para los grupos

a) C(1)=O a 1676 cm^{-1} que corresponde a una absorción experimental a 1670 cm^{-1} ;

b) C(4)=O tiene dos modos vibracionales a 1435 y 1373 cm^{-1} que corresponden a 1422 y 1371 cm^{-1} en el espectro experimental;

c) C(2)=C(3) a 1580 cm^{-1} que corresponde a la frecuencia experimental a 1590 cm^{-1} ;

d) C(5)-O tiene dos modos vibracionales a 1435 y 1424 cm^{-1} que corresponden a la absorción experimental de 1445 y 1422 cm^{-1} .

Se observó un comportamiento similar al del complejo de coordinación de cobre del ejemplo 1.1.

Ejemplo 3. Tratamiento de la infección por *Xylella fastidiosa* en plantas de olivo

Quince olivos presentes en la zona de Salento en el sur de Italia, infectados con la bacteria *Xylella fastidiosa* y que mostraban síntomas avanzados de secado rápido complejo de la planta de olivo, fueron tratados con el complejo de coordinación de la invención y/o con el compuesto de la invención.

Al principio del tratamiento, estos árboles mostraban una desecación avanzada de las ramas y brotes con la presencia de numerosas hojas con un color arrugado y amarillento.

3.1 Tratamiento con 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre

Tres olivos, entre los descritos anteriormente, fueron tratados con una composición fitosanitaria que comprendía el complejo de coordinación 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona con cobre y agua.

Para cada planta, se suspendieron 200 mg de polvo de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre en agua bidestilada para formar una mezcla al 5% p/v. La suspensión así obtenida se pulverizó sobre el follaje, sobre el tronco y sobre el suelo estrictamente adyacente al tronco.

Este tratamiento se repitió en cada planta 5 veces, con una frecuencia de

un tratamiento cada 5 días hasta llegar a 5 tratamientos totales.

Resultados: Se observaron mejoras fenotípicas de la planta con el nacimiento de nuevos brotes en las ramas previamente en estado de desecación y la desaparición de las hojas arrugadas y de color amarillento.

5 A los 9 meses del tratamiento especificado anteriormente, las plantas tratadas siguen sin hojas arrugadas y de color amarillento y sin ramas secas.

3.2 Tratamiento con una composición fitosanitaria que comprende 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejoado con cobre

10 Tres olivos, incluidos los infectados con *Xylella fastidiosa* descritos anteriormente, pero diferentes de los tratados en el ejemplo 3.1, se trataron con una composición fitosanitaria que comprendía 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con cobre, cobre coloidal y plata coloidal disuelta en agua bidestilada.

Para cada planta, se preparó una composición fitosanitaria mezclando en 200 ml de agua bidestilada: 150 mg de 5-hidroxinaftaleno-1,4-diona complejada con 15 cobre, 100 ml de cobre coloidal 40 ppm, 100 ml de plata coloidal 40 ppm.

La composición así obtenida, se pulverizó sobre el follaje, sobre el tronco y sobre el suelo estrictamente adyacente al tronco.

Este tratamiento se repitió en cada planta 5 veces, con una frecuencia de un tratamiento cada 5 días hasta llegar a 5 tratamientos totales.

20 Resultados: Se han observado mejoras de la planta infectada con el nacimiento de nuevos brotes en las ramas anteriormente en estado de desecación y desaparición de las hojas con aspecto arrugado y color amarillento.

A los 9 meses del tratamiento especificado anteriormente, las plantas tratadas siguen sin hojas arrugadas y de color amarillento y sin ramas secas.

25 3.3 Tratamiento con una composición fitosanitaria que comprende 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con cobre y 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona

30 Dos olivos, incluidos los infectados con *Xylella fastidiosa* descritos anteriormente, pero diferentes de los tratados en los ejemplos 3.1 y 3.2, se trataron con una composición fitosanitaria que comprendía 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con cobre y 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona disuelta en agua bidestilada.

Para cada planta, se preparó una composición fitosanitaria mezclando en 200 ml de agua destilada 45 ppm de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona complejada con cobre y 40 ppm de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona en polvo obtenida por trituración y secado de cáscara de nuez.

5 La suspensión así obtenida se pulverizó sobre el follaje, sobre el tronco y sobre el suelo estrictamente adyacente al tronco.

Este tratamiento se repitió en cada planta 5 veces, con una frecuencia de un tratamiento cada 5 días hasta llegar a 5 tratamientos totales.

Resultados: Se han observado mejoras de la planta infectada con el nacimiento de nuevos brotes en las ramas anteriormente en estado de desecación y desaparición de las hojas con aspecto arrugado y color amarillento.

A los 9 meses del tratamiento especificado anteriormente, las plantas tratadas siguen sin hojas arrugadas y de color amarillento y sin ramas secas.

3.4 Tratamiento con 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona

15 Cuatro olivos, incluidos los infectados con *Xylella fastidiosa* descritos anteriormente, pero diferentes de los tratados en los ejemplos anteriores, se trataron con una composición fitosanitaria que comprendía el compuesto de fórmula (VII) 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona y agua.

20 Para cada planta, se suspendieron 150 mg de polvo de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona en agua bidestilada para formar una mezcla al 5% p/v. La suspensión así obtenida se pulverizó sobre el follaje, sobre el tronco y sobre el suelo estrictamente adyacente al tronco.

Este tratamiento se repitió en cada planta 5 veces, con una frecuencia de un tratamiento cada 5 días hasta llegar a 5 tratamientos totales.

25 *Resultados:* Se observaron mejoras fenotípicas de la planta con el nacimiento de nuevos brotes en las ramas anteriormente en estado de desecación y la desaparición de las hojas arrugadas y de color amarillento.

A los 9 meses del tratamiento especificado anteriormente, las plantas tratadas siguen sin hojas arrugadas y amarillentas y sin ramas secas.

30 3.5 Tratamiento con una composición fitosanitaria compuesta por 5-

hidroxinaftaleno-1,4-diona

Tres olivos, incluidos los infectados con *Xylella fastidiosa* descritos anteriormente, pero diferentes de los tratados en los ejemplos anteriores, se trataron con una composición fitosanitaria que comprendía 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona, cobre
5 coloidal y plata coloidal disueltos en agua destilada.

Para cada planta, se preparó una composición fitosanitaria mezclando en 200 ml de agua destilada: 150 mg de 5-hidroxi-naftaleno-1,4-diona, 100 ml de cobre coloidal 40 ppm, 100 ml de plata coloidal 40 ppm.

La composición así obtenida se pulverizó sobre el follaje, sobre el tronco y
10 sobre el suelo estrictamente adyacente al tronco.

Este tratamiento se repitió en cada planta 5 veces, con una frecuencia de un tratamiento cada 5 días hasta llegar a 5 tratamientos totales.

Resultados: Se observaron mejoras en el estado general de la planta infectada. En particular, se observaron nuevos brotes en las ramas que antes estaban en
15 estado de desecación y la desaparición de las hojas con aspecto arrugado y color amarillento.

A los 9 meses del tratamiento especificado anteriormente, las plantas tratadas siguen sin hojas arrugadas y de color amarillento y sin ramas secas.

Sobre la base de lo anterior, por lo tanto, la presente invención ha logrado
20 todos los propósitos previstos.

En particular, se logra el objetivo de conseguir un producto fitosanitario que pueda usarse en el tratamiento de la infección por *Xylella fastidiosa* en las plantas, en particular en los olivos.

Es aún un objetivo logrado de la invención, proponer un uso del
25 mencionado producto para el tratamiento de *X. fastidiosa* de plantas.

Por último, es un objetivo alcanzado de la invención, realizar una composición fitosanitaria para ser usada en el tratamiento de *Xylella fastidiosa* en plantas.

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por el solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la
30 presente descripción de la invención.

RESUMEN DE LA INVENCION

La invención se refiere al uso de un complejo de coordinación organometálico o su sal fitofarmacéuticamente aceptable de un metal M^{m+} y de al menos un ligando L, donde M^{m+} es un metal de transición que tiene un número de oxidación m, L es un ligando de fórmula general (VII) o su anión, en donde R^1 se selecciona del grupo que consiste en oxígeno, alquilo mono o policíclico, residuo de naftaleno, residuo de antraceno y sus derivados hidroxilados o cetónicos; R^2 y R^3 son idénticos o diferentes y se seleccionan independientemente entre sí de hidrógeno, halógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo o R^2 y R^3 juntos formando un derivado de benceno; R^6 , R^7 y R^8 son idénticos o diferentes e independientemente entre sí se seleccionan de hidrógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alcoxi, un grupo alquilo lineal o ramificado, un grupo cicloalquilo, un grupo fenilo, un grupo arilo en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en una planta. La invención también se refiere al uso del compuesto de fórmula (VII) en el tratamiento de la *Xylella fastidiosa* en una planta, también en combinación con el complejo de coordinación organometálico. Ventajosamente, la invención se refiere al tratamiento de olivos.