

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 985**

51 Int. Cl.:

A01B 79/00 (2006.01)

A01C 21/00 (2006.01)

G01N 1/14 (2006.01)

G01N 1/16 (2006.01)

G01N 33/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2012 PCT/IB2012/002718**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.09.2013 WO13128232**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2012 E 12824764 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 2819498**

54 Título: **Supervisión y control de condiciones edáficas**

30 Prioridad:

27.02.2012 US 201261603680 P

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

18.07.2017

73 Titular/es:

**AGQ TECHNOLOGICAL CORPORATE S.A.
(100.0%)
Ctra. A-433 Km 24 Burguillos
41220 Sevilla, ES**

72 Inventor/es:

MARTINEZ MARTINEZ, ESTANISLAO

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 624 985 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Supervisión y control de condiciones edáficas

5 Referencias cruzadas con solicitudes relacionadas

Antecedentes

10 A medida que aumenta la población, se agudiza el problema de la producción de alimentos. El uso eficaz de los recursos hídricos afecta a la productividad de las explotaciones agrícolas. Además, el uso de fertilizantes se ha convertido en uno de los principales factores del aumento de la productividad y la calidad en estas. Como consecuencia de todo ello, se ha producido un aumento del consumo de fertilizantes en todo el mundo que ha originado nuevos problemas, como unos mayores costes de producción y una mayor contaminación asociada a la actividad agrícola.

15 Con el fin de controlar a tiempo real el riego con fertilizante, la patente internacional WO-A-2004/071162 divulga un sistema para recoger muestras de solución edáfica que incluye un equipo de muestreo dispuesto en contacto con el suelo y acoplado a una fuente de vacío y una unidad de succión para controlar automáticamente la presión y el tiempo de operación de la fuente de vacío para proporcionar succión y extraer una solución del suelo a través del equipo de muestreo; la solución recogida puede llevarse a un laboratorio para el análisis de diversos parámetros del suelo y el análisis puede ser la base para tomar decisiones a corto plazo y a largo plazo sobre el riego con fertilizantes.

Breve descripción de los dibujos

25 Numerosos aspectos de la invención pueden entenderse mejor con las referencias a los siguientes dibujos. Los componentes de los dibujos no siempre están a escala. En su lugar, el objetivo es ilustrar claramente los principios de la presente invención. Además, se usan en los dibujos los mismos números de referencia para designar las mismas partes en las distintas vistas.

30 La figura 1 es una representación gráfica de la supervisión de las condiciones edáficas mediante varias sondas de succión según distintos modos de realización de la presente descripción.

35 La figura 2 es una representación gráfica de un ejemplo de sonda de succión incluida en la figura 1 según distintos modos de realización de la presente descripción.

La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de supervisión y control de las condiciones edáficas según distintos modos de realización de la presente descripción.

40 La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de análisis de muestras según distintos modos de realización de la presente descripción.

45 La figura 5 es una tabla que muestra la relación entre distintos aditivos y su efecto en una planta según distintos modos de realización de la presente descripción.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de evaluación de la composición y/o del uso de la figura 3 según distintos modos de realización de la presente descripción.

50 La figura 7 es un ejemplo de un sistema que puede utilizarse para la supervisión y el control de las condiciones edáficas según distintos modos de realización de la presente descripción.

Descripción detallada

55 A continuación se describen distintos modos de realización relacionados con la supervisión y el control de las condiciones edáficas, por ejemplo, en usos agrícolas. Se hará referencia de manera detallada a la descripción de los modos de realización que se ilustran en los dibujos, en los que se usan los mismos números de referencia para indicar los mismos componentes en las diferentes vistas.

60 El uso controlado del agua y los fertilizantes puede aumentar la productividad de las explotaciones agrícolas de una manera sostenible, generando una mayor rentabilidad, ofreciendo unos alimentos más higiénicos y contribuyendo a la protección del medio ambiente. La supervisión de las condiciones nutricionales de los cultivos puede utilizarse para controlar el uso de los recursos disponibles (es decir, el agua y los fertilizantes) para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas a lo largo de toda su evolución, mejorando así la productividad y la calidad del producto final a la vez que se reducen los insumos y las pérdidas por lixiviación.

65 El análisis de la composición química del suelo y/o de los líquidos que se encuentran alrededor de las raíces de las

plantas, así como el diagnóstico de la condición de la planta, pueden ofrecer una indicación de la absorción de los nutrientes por las plantas que puede emplearse para controlar el riego y/o el uso de fertilizantes. La supervisión de las condiciones edáficas puede realizarse mediante sondas de succión instaladas a distintas profundidades del perfil radicular de los cultivos. Al extraer las soluciones acuosas del sustrato que rodea las raíces, es posible supervisar la interacción entre la actividad radicular y las condiciones edáficas y usar dicha información para controlar la aplicación de nutrientes en el sustrato. Por ejemplo, pueden evaluarse la reacción y el comportamiento de los insumos (esto es, agua, efluentes, fertilizantes, coadyuvantes, agentes quelantes, etc.) añadidos al suelo y la reacción del suelo a estos insumos, así como la absorción de nutrientes por la raíz, a lo largo de todo el ciclo fenológico de las plantas, a fin de obtener indicaciones que puedan usarse para controlar la aplicación de aditivos, como, por ejemplo, nutrientes químicos, de manera cíclica o continua.

La figura 1 es una representación gráfica que ilustra la supervisión de las condiciones edáficas (103) mediante una o más sondas de succión (106) según distintos modos de realización de la presente descripción. Por ejemplo, se encuentran plantadas en un sustrato (103) plantas (109) de la misma especie con las raíces extendidas por la rizosfera (112). Se pueden suministrar agua y/o soluciones de fertilizantes (115) a las plantas (109) a través de sistemas de riego por goteo, aspersores u otros sistemas de distribución. En el ejemplo de la figura 1, las sondas de succión (106) están colocadas a distintas profundidades (o niveles) dentro de la rizosfera (112) de las plantas (109). Por ejemplo, las sondas de succión (106) pueden colocarse a dos profundidades (p. ej., a, aproximadamente, 15 cm y 30 cm) en los cultivos de verduras o a tres profundidades (p. ej., a, aproximadamente, 20 cm, 40 cm y 60 cm) en las plantas leñosas. Estas sondas de succión (106) también se pueden colocar a otras profundidades que se consideren adecuadas. Las profundidades pueden variar en función de la especie vegetal. Además, pueden instalarse sondas a profundidades superiores a la rizosfera (112) para supervisar la propagación de los nutrientes no utilizados en la rizosfera (112). También es posible utilizar sondas de succión (106) adicionales a las mismas profundidades o a profundidades diferentes. Por ejemplo, se pueden disponer sondas de succión (106), individualmente o en grupos, en distintas ubicaciones dentro de una fila, un bancal y/o un campo para supervisar las variaciones en el campo.

En otras aplicaciones, se pueden colocar una o más sondas de succión (106) a una o varias profundidades en el sustrato (103) para supervisar las condiciones ambientales: por ejemplo, cuando se supervisa la lixiviación. Así, en las industrias metalúrgica y minera, en las que son frecuentes los lavados y los baldeos, las sondas de succión (106) permiten supervisar la contaminación del sustrato (103) por metales u otras sustancias. Entre los posibles usos se encuentran, por ejemplo, la lixiviación estática, la supervisión de sitios para la descontaminación, la supervisión a medio y largo plazo de restauraciones y/o rehabilitaciones de espacios afectados y/o la supervisión de fugas o degradaciones, con una o más sondas de succión que permitan obtener muestras del sustrato. Es posible analizar la composición química de las muestras acuosas para supervisar las variaciones en el sustrato (103). En función de la composición de la muestra que se analice, pueden adoptarse medidas reparadoras y/o correctoras. Los análisis de las muestras pueden utilizarse también para formular advertencias o alertas, y/o para proponer medidas correctoras para eliminar o reducir los efectos medioambientales.

La figura 2 ilustra un ejemplo de una sonda de succión (106) de la figura 1. La sonda de succión (106) de la figura 2 incorpora una cápsula porosa (203) de, por ejemplo, porcelana fijada al extremo de un tubo (206) de material inerte, como, por ejemplo, caucho duro, polietileno o PVC. La cápsula porosa (203) puede tener un diámetro aproximado de, por ejemplo, 50 mm y sobresalir unos 85 mm del extremo del tubo. El grosor de la porcelana porosa puede ser de, aproximadamente, 5 mm; su porosidad, de, aproximadamente, entre el 25 y el 23 %; y el diámetro promedio del poro, de, aproximadamente, entre 8 y 10 Å. También pueden utilizarse otros materiales inertes en la cápsula porosa (203), como, por ejemplo, cerámica porosa. La porosidad del material usado en la cápsula porosa (203) permite la conductividad hidráulica de las soluciones acuosas del suelo cuando se genera vacío en la sonda de succión (106). La porosidad de la cápsula porosa (203) debe permitir que las sustancias cuya composición química se supervise penetren en la sonda de succión (106) sin dificultad. Además, pueden usarse otras formas y dimensiones para la cápsula porosa (203) y/o la sonda de succión (106). Un tope (209) (por ejemplo, de goma o PVC) sella el extremo opuesto del tubo (206). Un adaptador (212) fijado al tope (209) permite la conexión a una bomba de vacío con el objetivo de generar vacío en la sonda de succión (106) hueca. El adaptador (212) puede incluir una válvula que permita mantener el vacío en la sonda de succión (106) aunque se desconecte la bomba de vacío.

Como se observa en la figura 1, las sondas de succión (106) se colocan en el suelo (103) en posición vertical a distintas profundidades dentro de la rizosfera (112). Para ello, puede realizarse, por ejemplo, una perforación en el suelo (103) y puede introducirse la sonda de succión (106) a la profundidad adecuada. En general, se instala un grupo de sondas de succión (106) en una zona de gran actividad radicular bajo la misma planta o bajo plantas adyacentes que se encuentren en el mismo estado fenológico. Por ejemplo, puede instalarse un grupo de sondas de succión en un cultivo a lo largo de una fila de plantas que se hubieran plantado a la vez. La ubicación de las sondas de succión (106) también puede tener en cuenta la posición del sistema de riego. Por ejemplo, puede colocarse una sonda de succión (106) en el centro de una zona húmeda bajo una línea de riego por goteo. Además, debe dejarse una distancia adecuada entre las sondas de succión (106) (por ejemplo, de, aproximadamente, entre 20 y 30 cm) para dejar espacio suficiente para la toma de muestras de las soluciones acuosas del terreno circundante sin competir con las sondas de succión (106) adyacentes.

En algunas aplicaciones, las cápsulas porosas (203) (figura 2) de las sondas de succión (106) pueden sumergirse en agua (por ejemplo, durante, aproximadamente, 15 a 20 minutos) para permitir la hidratación de las mismas. La hidratación de las cápsulas porosas (203) puede mejorar la conexión hidráulica entre el suelo (103) y aquellas. También puede facilitar la inserción de la sonda de succión (106) en el suelo (103). El terreno circundante (103) también puede compactarse alrededor de la sonda de succión (106) (por ejemplo, por medio de un alambre) para garantizar una buena conexión hidráulica entre la cápsula porosa (203) y el suelo (103). Durante la instalación de las sondas de succión (106), pueden obtenerse muestras del suelo (103) a distintas profundidades (por ejemplo, entre 0 y 30 cm y entre 30 y 60 cm). Puede obtenerse una muestra del suelo en cada una de las profundidades a las que se introducen las sondas. Puede seguirse un protocolo de toma de muestras del suelo para garantizar que estas sirvan de indicador fidedigno de la composición del suelo. El análisis de las muestras del suelo puede ofrecer información de referencia sobre la composición del sustrato (103).

Tras la instalación de las sondas de succión (106), es posible extraer soluciones acuosas del sustrato que rodea las raíces de las plantas por medio de la generación de vacío en dichas sondas (106). En este sentido, se puede conectar una bomba de vacío (no se muestra en los dibujos) al adaptador (212) (figura 2) para que genere vacío en las sondas de succión huecas (106). El vacío puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 0,5 atmósferas (atm) (50,662 kPa) a aproximadamente 1 atm (101,325 kPa), de aproximadamente 0,6 atm (60,795 kPa) a aproximadamente 0,9 atm (91,192 kPa), de aproximadamente 0,7 atm (70,927 kPa) a aproximadamente 0,8 atm (81,060 kPa), o aproximadamente 0,8 atm (81,060 kPa). Puede usarse un indicador de presión para conocer el vacío en la sonda de succión (106). Una vez generado el vacío en la sonda de succión (106), puede cerrarse una válvula incorporada al adaptador (212) para mantener el vacío en la sonda de succión (106). En algunos casos, el tamaño de la sonda de succión (106) puede permitir la generación de vacío por medio de una bomba manual.

El vacío generado en la sonda de succión (106) permite la conducción hidráulica de una solución acuosa del terreno circundante (103) en la sonda de succión (106) a través de la cápsula porosa (203) (figura 2). El volumen de solución recogido dependerá de la conductividad hidráulica del sustrato (103) y del contenido acuoso del suelo (103), y también del tiempo de extracción durante el que se mantiene el vacío en la sonda de succión (106). El periodo de extracción puede ser, por ejemplo, de, aproximadamente, 2 a 4 días. Las condiciones de vacío y la estanqueidad dependen de la porosidad del material de la cápsula porosa (203) y de la conexión con el terreno circundante (103). En algunas aplicaciones, pueden mantenerse distintos valores para el vacío durante el periodo de extracción.

Al final del periodo de extracción (por ejemplo, después de, aproximadamente, 48 horas), se recoge una muestra acuosa de la sonda de succión (106). Puede seguirse un protocolo de toma de muestras acuosas para garantizar que estas sirvan de indicador fidedigno de la composición química de las mismas. Por ejemplo, la muestra acuosa se puede obtener por medio de un microtubo que pase a través del adaptador abierto (212) (figura 2) hasta la cápsula porosa del extremo de la sonda de succión (106). Es posible utilizar una jeringa (u otro dispositivo de extracción) para extraer la muestra acuosa de la sonda de succión (106) a través del microtubo. Pueden obtenerse muestras acuosas de 30 ml o más y emplearse para realizar análisis. En algunas aplicaciones, se obtienen muestras acuosas de 125 ml. En algunos modos de realización, se proporciona un tubo de muestreo independiente para obtener muestras acuosas a través del tope (209) (figura 2) de la sonda de succión (106). El tubo de muestreo puede atravesar una abertura específica del tope (209) sellada herméticamente. Es posible usar una válvula de dicho tubo de muestreo para cerrarlo durante el periodo de extracción. La válvula puede abrirse posteriormente para permitir la obtención de la muestra acuosa de la sonda de succión (106). Las muestras acuosas de la sonda de succión (106) pueden emplearse para realizar análisis químicos y evaluaciones posteriores.

Además de las muestras acuosas de la sonda de succión (106), pueden obtenerse muestras de soluciones de fertilizantes (SF) (115) (figura 1) aplicadas a las plantas (109) durante el riego de estas (figura 1). La SF (115) está compuesta por agua de riego que puede mezclarse con aditivos, como, por ejemplo, agua dulce o filtrada, residuos acuosos, fertilizantes, minerales, sustancias químicas y/u otros nutrientes. Puede seguirse un protocolo de toma de muestras para garantizar que estas sirvan de indicador fidedigno de la composición de la SF. Por ejemplo, uno o más dispositivos colectores en las proximidades de las sondas de succión (106) recogen la SF (115) durante el riego de las plantas. Se pueden disponer varios dispositivos colectores en distintas ubicaciones dentro de una fila, un bancal y/o un campo para supervisar las variaciones en la distribución de la SF (115) en el campo. En el caso del riego por goteo, un dispositivo colector, como, por ejemplo, un contenedor de líquidos del tamaño adecuado, puede recibir la SF (115) de la línea de riego por goteo a través de un adaptador colocado cerca del grupo de sondas de succión (106) (figura 1). Así, cuando se riegan las plantas (109), el dispositivo colector recoge una muestra de la SF (115) aplicada. En el caso del riego por aspersión, puede colocarse un dispositivo colector, como, por ejemplo, un contenedor abierto, cerca del grupo de sondas de succión (106) para recoger una muestra de la SF de la salida del aspersor. Con estos ejemplos es posible obtener una muestra de la SF (115) representativa de la SF aplicada durante todo el periodo de riego.

Es posible usar estas muestras de la SF para realizar análisis posteriores. Los análisis de la SF (115) ofrecen información sobre los aportes de fertilizantes y los parámetros de asimilación (por ejemplo, el pH, la conductividad eléctrica y la relación iónica). Cuando se examina conjuntamente con el análisis de la solución acuosa y el análisis de la muestra del suelo, es posible evaluar la interacción de la SF (115) con la planta (109) y el suelo (103) (figura 1). Por ejemplo, pueden evaluarse la absorción y/o el uso de los nutrientes por la planta, además de la interacción del

suelo, como la precipitación, la solubilidad, la desorción de iones, etc.

También pueden obtenerse y emplearse en los análisis muestras del agua de riego y del tejido de las plantas (109). Pueden seguirse protocolos de toma de muestras para garantizar que estas sirvan de indicador fidedigno de la composición del agua de riego. Las muestras de agua de riego pueden obtenerse en la fuente, antes del filtrado, después del filtrado y/o antes de la adición de uno o más aditivos, como, por ejemplo, los nutrientes y/o las sustancias químicas empleados para crear la SF (115). La composición del agua de riego también puede usarse, por ejemplo, como referencia para realizar ajustes en los aditivos de la SF (115). Así, por ejemplo, el contenido de sales minerales puede ajustarse en función de los análisis del agua de riego para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas (109). También pueden seguirse protocolos de toma de muestras para garantizar que estas sirvan de indicador fidedigno de la composición del tejido de las plantas. Las muestras del tejido de la planta pueden consistir en hojas que no sean demasiado jóvenes ni demasiado viejas: por ejemplo, las 5 o 6 primeras hojas posteriores al ápice de un brote de la planta (109). Otras muestras de tejidos pueden obtenerse de la savia, los tallos, las raíces, las flores, los frutos, las semillas, etc., durante el crecimiento de la planta (109). Los protocolos de tomas de muestras pueden ser diferentes para las distintas partes de la planta, como, por ejemplo, las hojas, la savia, los frutos y las flores. Los protocolos de toma de muestras también dependerán de la especie de planta (109). El análisis de las muestras de tejido puede ofrecer información sobre el estado nutricional de la planta (109), al proporcionar una indicación de la absorción y/o el uso de los aditivos suministrados en la SF (115). El análisis puede tener en cuenta interpretaciones dinámicas que estudien los cambios estacionales en la parte de la planta y el grado de variedad, e interpretaciones estáticas que no contemplen los cambios estacionales.

El análisis de las muestras del suelo, de las muestras acuosas, de las muestras del agua de riego y/o de las muestras del tejido de las plantas ofrece información que puede utilizarse para evaluar la disponibilidad, los equilibrios, las absorciones y el ritmo de uso de los nutrientes a lo largo del ciclo vegetativo de la planta (109). Por ejemplo, el análisis de las muestras del suelo a cada una de las distintas profundidades puede ofrecer información sobre la disponibilidad de los nutrientes lixiviados, permitiendo así evaluar la dinámica iónica del suelo (103) (figura 1). Además, posibilita la evaluación de la tasa de lixiviación de los fertilizantes en la rizosfera (112) (figura 1) y/o del comportamiento de los distintos aditivos cuando se añaden al suelo (103). Esta información puede usarse, al menos en parte, para determinar los ajustes y/o los cambios en la SF (115) (figura 1) que se aplica en el suelo (103) dentro de la rizosfera (112).

La obtención y el análisis de muestras acuosas también pueden utilizarse para los procesos de lixiviación estática. Por ejemplo, el proceso puede aplicarse en la lixiviación en pilas y la lixiviación en vertederos para, por ejemplo, la lixiviación del cobre o los minerales oxidados y primarios, como los sulfuros porfídicos o masivos, con la participación de microorganismos en la catálisis de las reacciones químicas. Además, la supervisión y el control de las condiciones edáficas pueden aplicarse a la lixiviación de uranio, la lixiviación de oro a partir de materiales oxidados o en formas libres y/o la biolixiviación de oro en los minerales sulfurados.

En general, los procesos de lixiviación estática se basan en técnicas de percolación en lecho fijo, que se preparan para tal fin y pueden clasificarse en dos grandes grupos: la lixiviación en pilas y la lixiviación en vertederos. La diferencia entre estos dos grupos se basa en el volumen, el control del proceso y las concentraciones de las sustancias que deben extraerse en la materia sólida. La lixiviación en pilas requiere menor tiempo de lixiviación, menores volúmenes de material, mayores obligaciones normativas y un mayor control de las operaciones. En ambos casos, el procedimiento se basa en obtener información precisa y fiable sobre los procesos que tienen lugar dentro de los montones durante la lixiviación en pilas y vertederos. En los procesos químicos intervienen tres fases químicas: la materia sólida, el agente lixivante y el gas que se disuelve en el líquido o se inyecta de manera forzada. Además, en muchos casos, en los procedimientos de lixiviación participan microorganismos. Estos datos aportan información complementaria al análisis histórico de la percolación, permitiendo así adoptar medidas operativas para corregir y mejorar el funcionamiento de los procesos.

Inicialmente, se colocan en el montón varias sondas de succión (106), tal como se ha descrito previamente. El número de sondas (106) puede variar en función del volumen y la superficie examinados. Las sondas de succión (106) pueden colocarse a distintas profundidades para obtener la máxima información posible. En el caso de la lixiviación en pilas, las sondas pueden colocarse durante la creación de las pilas. En la lixiviación en vertederos también pueden colocarse una o más sondas de succión (106) durante su creación, pero, debido a su longevidad y explotación a largo plazo, las sondas de succión (106) pueden instalarse una vez creado el vertedero. Para ello, puede realizarse una pequeña cavidad (por ejemplo, perforando) que permita introducir la sonda de succión (106). Tras su instalación, las sondas de succión (106) permiten obtener muestras acuosas tal como se ha descrito previamente. El plan de toma de muestras y las duraciones pueden variar en función del proceso que se supervise. Las muestras acuosas recogidas pueden analizarse para obtener datos como, por ejemplo, la temperatura, el oxígeno y otros gases disueltos, el pH, la conductividad eléctrica, las concentraciones de metales, otros cationes y aniones disueltos, la concentración y/o los tipos de microorganismos y/o las sustancias orgánicas producidas como resultado de la digestión bacteriana. En función de los datos del análisis, pueden formularse recomendaciones relacionadas, por ejemplo, con los volúmenes de flujo, las concentraciones de agentes lixiviantes o los flujos de aire y/o gas que deben inyectarse.

La supervisión in situ también puede emplearse en los procesos de extracción sólido-líquido usados en la limpieza y descontaminación de terrenos contaminados. Estos pueden aplicarse a terrenos contaminados con metales que se encuentran cerca de núcleos urbanos u otras grandes instalaciones que dificultan la extracción y el transporte del suelo contaminado. Algunos ejemplos de estas son las instalaciones metalúrgicas (fundiciones, industria siderúrgica, industria transformadora, etc.), las zonas con elevadas concentraciones de minerales y metales, y los centros y/o instalaciones en los que se transportan, cargan o descargan materiales. En aquellos casos en los que se lleva a cabo el tratamiento en suelos que no se han trasladado a un centro externo de gestión de residuos, las sondas de succión (106) se pueden utilizar para supervisar el rendimiento de las operaciones. La colocación de las sondas de succión (106) es sencilla y permite una supervisión respetuosa con el medio ambiente. Las sondas de succión (106) se pueden colocar y las muestras acuosas se pueden obtener tal como se ha descrito previamente. La información obtenida con el análisis de las muestras acuosas puede emplearse para probar la eficiencia de los procesos aplicados y para determinar si es necesario realizar ajustes o correcciones adicionales para finalizar las tareas de descontaminación.

Tras la descontaminación del suelo o de otros espacios degradados, puede llevarse a cabo una supervisión a medio o largo plazo con las sondas de succión (106) instaladas. Las sondas de succión se pueden colocar para permitir una supervisión eficaz. En general, en los terrenos homogéneos, las sondas de succión (106) se colocan a distintas profundidades para conseguir una toma de muestras en todo el sustrato. En los terrenos no homogéneos, las sondas (106) pueden colocarse de modo que tengan en cuenta las variaciones del suelo. Se pueden obtener muestras acuosas de dichas sondas (106) para supervisar e identificar los posibles metabolitos de las sustancias no recuperadas completamente. Las muestras pueden analizarse para determinar el comportamiento de las sustancias del suelo y/o su degradación o movilización en distintas condiciones climáticas. Una vez que se conoce su comportamiento, es posible optimizar la planificación de las mediciones y espaciar el número de tomas de muestras y el intervalo entre estas. Cuando se alcance una optimización total, es posible que las sondas de succión (106) no aporten muestras de la fase líquida, lo cual puede indicar un buen funcionamiento del sistema supervisado y la ausencia de fase líquida en la zona de actividad. Si se producen cambios en la situación, la muestra obtenida puede analizarse y los parámetros, asociarse al origen de la contaminación. Pueden proponerse medidas correctoras basadas, al menos en parte, en los resultados de los análisis, seguidas de una supervisión y una toma de muestras adicionales.

También se pueden instalar y usar las sondas de succión (106) para formular alertas y/o evitar fugas y degradaciones en procesos en los que se usen barreras para proteger el entorno circundante. En los casos en los que exista riesgo de degradación o de posible transferencia de productos o residuos al suelo, la detección temprana de la filtración en el terreno circundante puede permitir la adopción de una respuesta rápida.

Por ejemplo, puede llevarse a cabo la supervisión en instalaciones industriales en las que exista riesgo de fuga o pérdida, como, por ejemplo, la lixiviación en pilas y/o vertederos de distintos metales (cobre, uranio, oro, níquel u otros metales), los vertederos de residuos peligrosos, los basureros o vertederos de residuos urbanos y/o los polos químicos con balsas o charcas. El uso de barreras de protección artificiales y/o capas muy impermeables, unido a la supervisión por medio de las sondas de succión (106), reduce las posibilidades de sufrir pérdidas económicas o de dañar el medio ambiente. Para colocar las sondas de succión (106), cabe tener en cuenta la configuración y las dimensiones de la barrera utilizada. Las sondas de succión (106) se pueden colocar verticalmente fuera de la barrera a una o más profundidades y/o a uno o más ángulos de inclinación. Es posible establecer un plan de toma de muestras en el que se detallen la frecuencia y el análisis de las muestras acuosas obtenidas con las sondas de succión (106). Tras la detección de una muestra acuosa, el operario puede recibir una notificación inmediata. Se puede usar un protocolo que establezca el tipo de notificación que se realizará cuando se detecte una muestra acuosa y cuando no se detecte ninguna solución acuosa en la toma de muestras. El análisis de la muestra acuosa puede utilizarse para determinar si la fuga presenta una composición similar a las sustancias empleadas en las instalaciones. En algunos casos, pueden recomendarse medidas correctoras basadas, al menos en parte, en los resultados de los análisis.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un ejemplo de supervisión y control de las condiciones edáficas según distintos modos de realización de la presente descripción. Empezando con el bloque 303, pueden colocarse una o más sondas de succión (106) (figura 1) en el sustrato (103) a una o varias profundidades (figura 1). El sustrato (103) puede incluir la rizosfera (112) (figura 1) de una especie vegetal presente en el sustrato (103). Una de las sondas de succión (106) o varias de ellas pueden estar dentro de la rizosfera (112). Las sondas de succión (106) incluyen cápsulas porosas (203) (figura 2) que permiten la conducción hidráulica de las soluciones acuosas desde el sustrato (103) y/o la rizosfera (112) cuando se genera vacío. Se pueden realizar perforaciones en el sustrato (103) y se pueden introducir una o más sondas de succión (106) a una o varias profundidades. En este punto, también pueden obtenerse muestras del sustrato (103) a distintas profundidades y analizarse para determinar la composición del mismo. En el bloque 306, puede añadirse una solución de fertilizantes (115) (figura 1) a las plantas (109) (figura 1) a través del riego, por ejemplo, con una línea de riego por goteo o un aspersor. También puede recogerse una muestra de la SF (115) a lo largo de parte de todo el periodo de riego al que hace referencia el bloque 306.

Las muestras se obtienen en el bloque 309. Por ejemplo, pueden obtenerse una o varias muestras de soluciones acuosas en las sondas de succión (106) (figura 1). Se genera vacío en cada sonda de succión (106) para inducir la

conducción hidráulica de las soluciones acuosas desde el sustrato (103) y/o la rizosfera (112) (figura 1). Tras un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, 48 horas), se extraen una o más muestras de la solución acuosa de la sonda o las sondas de succión (106) y se analizan, tal como se indica en el bloque 312. Las muestras acuosas pueden analizarse para detectar el pH; la conductividad eléctrica; aniones como, por ejemplo, NO_3^- , H_2PO_4^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} y/o Cl^- ; cationes como, por ejemplo, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ y/o NH_4^+ ; y microelementos como, por ejemplo, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo y/o urea. También se puede obtener una muestra de la SF (115) recogida a lo largo del periodo de riego por un dispositivo colector en el bloque 309 y analizarse su composición en el bloque 312. Además, es posible obtener muestras del tejido de las plantas y/o del agua de riego en el bloque 309 y analizarlas en el bloque 312. La muestra de la SF y la muestra del agua de riego pueden analizarse para detectar los mismos elementos que en las soluciones acuosas. En la muestra de tejido puede realizarse, por ejemplo, el análisis del nitrógeno, el fósforo, el azufre, el cloro, el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio, el boro, el hierro, el manganeso, el cobre, el zinc y/o el molibdeno.

En el bloque 315, se evalúan la composición química y/o el uso de nutrientes en función, al menos en parte, del análisis de muestras del bloque 312. Los niveles de sustancias químicas, minerales y/o nutrientes de la rizosfera (112) (figura 1) pueden examinarse y compararse con niveles preestablecidos asociados a la correspondiente especie vegetal. En algunas aplicaciones, los niveles empleados para la comparación pueden variar en función del estado fenológico de la planta (109). También pueden examinarse, a distintas profundidades, las concentraciones de iones marcadores (que están presentes en la rizosfera [112] pero generalmente no son absorbidos por la planta [109]), como, por ejemplo, los cloruros y/o el sodio, y utilizarse para evaluar, por ejemplo, la absorción de agua por los cultivos y la evaporación. Además, pueden emplearse las concentraciones de uno o más iones marcadores para evaluar el uso de distintos nutrientes. Por ejemplo, los cloruros pueden servir para determinar el uso del nitrógeno y/u otros aniones, como, por ejemplo, NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-} ; el sodio puede servir para determinar el uso del potasio, el calcio, el magnesio y/u otros cationes, como, por ejemplo, NH_4^+ ; y la combinación de cloruros y sodio (por ejemplo, el promedio de ambos) puede servir para determinar el uso del fósforo u otras sustancias químicas y/o nutrientes. En función, al menos en parte, del uso, también es posible determinar el consumo de los iones, las sustancias químicas y/o los nutrientes. Durante las evaluaciones, también se pueden tener en cuenta los efectos de la composición del suelo. Además, cabe usar el análisis del tejido de las plantas para evaluar la absorción y/o el uso de nutrientes por estas. La evaluación también puede tener en cuenta las variaciones en las muestras analizadas obtenidas a lo largo del crecimiento de las plantas y las obtenidas en distintas ubicaciones del campo. En algunos casos, la información de análisis puede compararse con la información de un segmento agrícola mayor durante la evaluación.

En el bloque 318 se prevén las medidas correctoras (o reparadoras) en función, en parte, de la evaluación del bloque 315. Las medidas correctoras pueden incluir, por ejemplo, el aumento del volumen de agua dosificada para diluir los iones en la rizosfera (112) y/o el sustrato (103). En algunas aplicaciones, las medidas correctoras pueden consistir en el riego de las plantas (109) usando agua de riego que no incorpore otros aditivos, como, por ejemplo, fertilizantes o sustancias químicas. En otros casos, pueden determinarse las cantidades de aditivos que deben incorporarse a la SF (115) o los ajustes que deben realizarse en las proporciones entre los componentes químicos de la SF (115). En algunas aplicaciones, las medidas correctoras pueden ponerse en práctica automáticamente en la siguiente dosis de SF (115). Además, en ciertas aplicaciones, deben tenerse en cuenta también otros factores al determinar las medidas correctoras. Pueden tenerse en cuenta, por ejemplo, las condiciones climáticas (por ejemplo, la temperatura, las precipitaciones, el viento, etc.) y las estrategias de fertilización empleadas (por ejemplo, UF, fraccionamiento, etc.).

El diagrama de flujo repite la supervisión y el control de las condiciones edáficas mediante la vuelta al bloque 306, en el que se suministra a las plantas (109) una nueva SF (115) basada en los ajustes realizados en el bloque 318. De esta forma, pueden supervisarse y controlarse las condiciones edáficas de manera cíclica o continua para aumentar el crecimiento de los cultivos y la producción.

La figura 4 ilustra ejemplos de la evaluación de la composición que puede llevarse a cabo en varias de las muestras obtenidas en el bloque 315 (figura 3). Por ejemplo, el análisis de una muestra de agua de riego (403) puede ofrecer información (406) sobre, entre otras cosas, el pH, la conductividad eléctrica (CE), el aporte de minerales, los bicarbonatos, los iones salinos, etc. Además, el análisis de la SF (115) puede ofrecer información (409) sobre el agua de riego (406) que puede incluir, por ejemplo, el pH, la conductividad eléctrica (CE), el aporte de aditivos en la solución de riego, como, por ejemplo, sustancias químicas y/o nutrientes, etc. Las soluciones edáficas (412) (esto es, las soluciones acuosas y/o las muestras del suelo) también se pueden analizar para obtener información sobre la composición del suelo (415), como, por ejemplo, la absorción de sustancias químicas y/o nutrientes, la lixiviación, el pH, la conductividad eléctrica (CE), la salinidad, etc. También pueden obtenerse muestras de la planta (109) para llevar a cabo el análisis foliar (418), que puede usarse para diagnosticar el estado nutricional (421) de la planta (109).

Cada parámetro de las muestras obtenidas puede analizarse y evaluarse individualmente o junto con los parámetros de esa misma muestra o de otras muestras del bloque 315 (figura 3) para determinar las medidas correctoras del bloque 318 (figura 3). Por ejemplo, puede calcularse el pH de la rizosfera (112) de las plantas (109) para determinar la acidez del sustrato (103) (figura 1) y establecer medidas correctoras, si son necesarias. En general, los niveles del

pH se mantienen, aproximadamente, entre 6 y 8, 6,5 y 8 o 6,5 y 7,5 mediante el ajuste de la composición de la SF (115) suministrada (figura 1). Un pH inferior podría suponer un riesgo por el aumento de la solubilidad de metales como, por ejemplo, Al, Mn, Fe, Cu, y Zn. Un pH menor de 5 podría provocar unas concentraciones tóxicas de Al y Mn. Un pH mayor reduce la solubilidad de los metales pero puede requerir el uso de agentes quelantes para el Mn, el Fe y el Zn. Por ejemplo, puede usarse ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para el pH inferior a 6,7, ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) para el pH de entre 6,7 y 7,8, y ácido etilendiamino-di(o-hidroxifenil-acético) (EDDHA) para el pH superior a 7,8. También pueden tenerse en cuenta los parámetros basados en el análisis de las muestras del suelo al evaluar el efecto de la SF (115) en el pH.

La salinidad en la rizosfera (112) también puede evaluarse en función, por ejemplo, de la conductividad eléctrica (CE) y el contenido de cloruro y sodio en las muestras acuosas a fin de obtener una indicación de la acumulación de sales y/o fertilizantes y de la lixiviación de las sales en la rizosfera (112). Los criterios para evaluar la CE en la rizosfera (112) dependerán de la especie vegetal. En la tabla 1 que se incluye más adelante se ofrece un ejemplo de los criterios generales que pueden usarse para evaluar los coeficientes de concentración de los cloruros y el sodio. El coeficiente de concentración de los cloruros (CC_{Cl}) es la relación entre el nivel promedio de cloro en las muestras acuosas de toda la rizosfera (112) y el nivel de cloro en la SF (115) aplicada, mientras que el coeficiente de concentración del sodio (CC_{Na}) es la relación entre el nivel promedio de sodio en las muestras acuosas de toda la rizosfera (112) y el nivel de sodio en la SF (115) aplicada.

TABLA 1

Nivel de Cl		Coeficiente de concentración del Cl		
(mEq/l)	Bajo	Medio	Alto	
< 3	< 1,5	1,5-2	≥ 2	
≥ 3	< 1,2	1,2-1,5	≥ 1,5	
Nivel de Na		Coeficiente de concentración del Na		
(mEq/l)	Bajo	Medio	Alto	
< 3	< 1,5	1,5-2	≥ 2	
≥ 3	< 1,2	1,2-1,5	≥ 1,5	

El coeficiente de concentración también se puede aplicar a otros iones, sustancias químicas y/o nutrientes de la rizosfera (112) y la SF (115). Por ejemplo, el coeficiente de concentración de un ion, una sustancia química o un nutriente X de una muestra acuosa se puede formular de la forma siguiente:

$$CC_X = X_{SA} / X_{SF}$$

en la que X_{SA} es el nivel promedio del ion, la sustancia química o el nutriente X en las muestras acuosas de la rizosfera (112) a distintas profundidades y X_{SF} es el nivel del ion, la sustancia química o el nutriente X en la SF (115) aplicada.

El coeficiente de concentración de la CE (CC_{CE}) también puede emplearse para evaluar la salinidad en la rizosfera (112). El CC_{CE} es la relación entre el nivel promedio de CE en las muestras acuosas de la rizosfera (112) y la CE de la SF (115) aplicada. Cuando el CC_{Cl} es de, aproximadamente, entre 1 y 1,2, esto puede indicar una gran permeabilidad del suelo (103). En este caso, un CC_{Cl} y un CC_{Na} de, aproximadamente, entre 1 y 1,2 pueden ser indicativos de una baja actividad de la planta y/o de un elevado drenaje. Cuando el CC_{Cl} y el CC_{Na} son superiores a 1,5, pueden ser indicativos de una gran actividad de la planta y/o de escaso drenaje. Si la CE disminuye progresivamente con la profundidad, esto puede ser indicativo de una gran respuesta del sistema radicular (absorción) que está reduciendo el contenido de sales de la rizosfera (112). En los casos en los que el CC_{CE} indica una baja permeabilidad (menor de 1,5), la penetración de las sales en la rizosfera (112) es más rápida que su eliminación por las raíces de las plantas o el drenaje desde la rizosfera (112). Una elevada absorción radicular puede estar indicada por altas tasas de uso de fertilizante, mientras que una baja actividad de la planta puede estar indicada por bajas tasas de uso de fertilizante.

El crecimiento y la productividad de los cultivos pueden verse limitados por la alta salinidad, que está indicada por una elevada CE. Los niveles elevados de Cl^- y Na^+ indican un riesgo de fitotoxicidad, antagonismo, estrés osmótico y peptización del suelo. Los riegos de lavado y el mantenimiento de la humedad del suelo en función de la capacidad de campo pueden reducir estas concentraciones. Sin embargo, deben tenerse en cuenta las relaciones Cl^-/NO_3^- y $Na^+/(K^+ + Ca^{++} + Mg^{++})$ para mantenerlas a un nivel de 1 (como máximo). Si los niveles de SO_4^{2-} , Ca^{++} y Mg^{++} son elevados, el riego es básicamente osmótico y resultan necesarios los riegos de lavado y el mantenimiento de la humedad del suelo según la capacidad de campo. Unos altos niveles de Ca^{++} y Mg^{++} pueden obstaculizar la absorción de K^+ y la precipitación de $H_2PO_4^-$. Por tanto, resulta deseable aumentar el aporte de estos nutrientes. Cuando tienen lugar ambas condiciones, puede usarse una combinación de medidas correctoras. La salinidad y/o

ES 2 624 985 T3

los correspondientes límites aceptables pueden variar en función de la especie vegetal, y las medidas correctoras se pueden determinar en consecuencia.

5 También pueden someterse a análisis y evaluaciones macronutrientes como, por ejemplo, el fósforo, el nitrógeno, el potasio, el calcio y el magnesio, para determinar su disponibilidad e identificar los desequilibrios nutricionales y los riesgos de la lixiviación de los fertilizantes. Los coeficientes de concentración (CC) se pueden determinar en función de los niveles de uno o varios iones en las muestras acuosas y la SF (115). Además, es posible calcular la tasa de utilización (TU) de los nutrientes en relación con un ion marcador en función, al menos en parte, de los correspondientes CC. Para determinado ion, sustancia química o nutriente X, la tasa de utilización se puede expresar de la forma siguiente:

$$TU_X = \{1 - [X_{SA} / (X_{SF} \times CC_{MCR})]\} \times 100$$

15 en la que X_{SA} es el nivel promedio del ion, la sustancia química o el nutriente X en las muestras acuosas de la rizosfera (112) a distintas profundidades, X_{SF} es el nivel del ion, la sustancia química o el nutriente X en la SF (115) aplicada y CC_{MCR} es el coeficiente de concentración del ion o los iones marcadores, como, por ejemplo, los cloruros o el sodio. También es posible determinar un índice de consumo (IC) de los nutrientes en función, al menos en parte, de las correspondientes TU. Para determinado ion, sustancia química o nutriente X, el índice de consumo se puede expresar de la forma siguiente:

$$20 \quad IC_X = (TU_X / 100) \times X_{SF}.$$

La TU_X y el IC_X del ion, la sustancia química o el nutriente X pueden usarse como indicadores clave de la evaluación. Por ejemplo, la TU_X y el IC_X pueden compararse con unos niveles o intervalos preestablecidos para determinar si puede resultar recomendable realizar correcciones.

30 En el caso del fósforo, puede examinarse el parámetro $H_2PO_4^-$. En las muestras acuosas de la rizosfera (112), unos niveles de $H_2PO_4^-$ inferiores a 10 ppm pueden indicar una baja disponibilidad, unos niveles de $H_2PO_4^-$ de entre 10 y 20 ppm pueden indicar una disponibilidad media y unos niveles de $H_2PO_4^-$ superiores a 20 ppm, una alta disponibilidad. En la SF (115), unos niveles de $H_2PO_4^-$ inferiores a 20 ppm pueden suponer un bajo aporte, unos niveles de $H_2PO_4^-$ de entre 20 y 40 ppm pueden suponer un aporte medio y unos niveles de $H_2PO_4^-$ superiores a 40 ppm, un gran aporte. Los niveles de $H_2PO_4^-$ en la SF (115) no deben superar el 10 % del nivel de NO_3^- . La tasa de utilización y el índice de consumo del fósforo pueden determinarse en función de los niveles de $H_2PO_4^-$. Puede realizarse periódicamente una fertilización de cobertura total con $H_2PO_4^-$ siempre que sus niveles sean inferiores a 6 ppm.

40 En el caso del nitrógeno, pueden analizarse y evaluarse los siguientes parámetros: NO_3^- , NH_4^+ y urea. En las muestras acuosas de la rizosfera (112), unos niveles de NO_3^- inferiores a 2 mEq/l pueden indicar una baja disponibilidad, unos niveles de NO_3^- de entre 2 y 4 mEq/l pueden indicar una disponibilidad media y unos niveles de NO_3^- superiores a 4 mEq/l, una alta disponibilidad. Unos niveles elevados de NO_3^- en la parte inferior de la rizosfera (112) pueden ser indicativos del riesgo de lixiviación. También puede tenerse en cuenta la tasa de utilización del nitrógeno (TU_N):

$$45 \quad TU_N = \{1 - [N_{SA} / (N_{SF} \times CC_{Cl})]\} \times 100$$

50 en la que N_{SA} es el nivel promedio de N en la rizosfera (112), que puede calcularse como el promedio de NO_3^- más NH_4^+ más urea en las muestras acuosas a cada una de las profundidades examinadas; N_{SF} es el nivel de N en la SF (115), que se calcula como el promedio de NO_3^- más NH_4^+ más urea; y CC_{Cl} es el coeficiente de concentración del cloruro como ion marcador. Una TU_N inferior al 33 % puede indicar una baja utilización (por ejemplo, por un aporte excesivo o una baja actividad durante el periodo), una TU_N de entre el 33 y el 66 % puede indicar una utilización media (por ejemplo, por un aporte adecuado) y una TU_N superior al 66 %, una utilización elevada (por ejemplo, por un periodo de alta actividad o por un aporte insuficiente). Además, puede determinarse el índice de consumo de nitrógeno:

$$55 \quad IC_N = (TU_N / 100) \times N_{SF}$$

El IC_N también puede evaluarse en función de unos niveles o intervalos preestablecidos.

60 En la tabla 2 que se incluye más adelante se ofrece un ejemplo de los criterios generales que pueden usarse para evaluar la relación entre cloruros y nitrógeno. Las concentraciones de NH_4^+ superiores a 0,3 mEq/l pueden ser indicativas de un ambiente incipientemente reductor que puede conducir a asfixia radicular. Los ambientes reductores pueden corregirse, por ejemplo, mediante la disminución de las dosis de SF, el riego por pulsos o la aplicación de sustancias químicas muy oxidantes, como el permanganato de potasio y/u otras.

65 TABLA 2

	Nivel de Cl	Relación N/Cl ⁻	
	mEq/l	Baja	Adecuada
Solución de fertilizantes	< 5	<1	≥ 1
	> 5	<1	≥ 1
Solución acuosa	< 5	< 0,75	≥ 0,75
	> 5	< 0,5	≥ 0,5

5 En el caso del potasio, puede analizarse y evaluarse el parámetro K⁺. En las muestras acuosas de la rizosfera (112), unos niveles de K⁺ inferiores a 0,3 mEq/l pueden indicar una baja disponibilidad, unos niveles de K⁺ de entre 0,3 y 0,6 mEq/l pueden indicar una disponibilidad media y unos niveles de K⁺ superiores a 0,6 mEq/l, una alta disponibilidad. En la SF (115), unos niveles de K⁺ inferiores a 0,75 mEq/l pueden suponer un bajo aporte, unos niveles de K⁺ de entre 0,75 y 1,5 mEq/l pueden suponer un aporte medio y unos niveles de K⁺ superiores a 1,5 mEq/l, un gran aporte. También puede tenerse en cuenta la tasa de utilización del potasio (TU_K):

$$10 \quad TU_K = \{1 - [K_{SA} / (K_{SF} \times CC_{Cl})]\} \times 100$$

10 en la que K_{SA} es el nivel promedio de K⁺ en las muestras acuosas de la rizosfera (112) a cada una de las profundidades examinadas, K_{SF} es el nivel de K⁺ en la SF (115) y CC_{Cl} es el coeficiente de concentración del cloruro como ion marcador. Una TU_K inferior al 33 % puede indicar una baja utilización (por ejemplo, por un aporte excesivo o una baja actividad durante el periodo), una TU_K de entre el 33 y el 66 % puede indicar una utilización media (por ejemplo, por un aporte adecuado) y una TU_K superior al 66 %, una utilización elevada (por ejemplo, por un periodo de alta actividad o por un aporte insuficiente). Además, puede determinarse el índice de consumo de potasio:

$$15 \quad IC_K = (TU_K / 100) \times K_{SF}$$

20 El IC_K también puede evaluarse en función de unos niveles o intervalos preestablecidos.

25 Además, puede examinarse la relación entre K⁺ y otros cationes (o aniones). Esta relación puede afectar a la utilización de K⁺ por la planta (109). Por ejemplo, puede evaluarse la relación K⁺/(Na⁺ + Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺). En la tabla 3 que se incluye a continuación se ofrece un ejemplo de los criterios generales que pueden usarse para evaluar el nivel de Na⁺ + Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ y la relación entre K⁺ y estos iones.

TABLA 3

	Nivel de Na ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Nivel de K ⁺ /(Na ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺)	
	mEq/l	Bajo	Adecuado
Solución de fertilizantes	< 7	< 0,2	≥ 0,2
	> 7	< 0,15	≥ 0,15
Solución acuosa	< 10	< 0,15	≥ 0,15
	> 10	< 0,1	≥ 0,1

30 En el caso del calcio, puede analizarse y evaluarse el parámetro Ca⁺⁺. En las muestras acuosas de la rizosfera (112), unos niveles de Ca⁺⁺ inferiores a 3 mEq/l pueden indicar una baja disponibilidad, unos niveles de Ca⁺⁺ de entre 3 y 4 mEq/l pueden indicar una disponibilidad media y unos niveles de Ca⁺⁺ superiores a 4 mEq/l, una alta disponibilidad. También pueden tenerse en cuenta la tasa de utilización del calcio:

$$35 \quad TU_{Ca} = \{1 - [Ca_{SA} / (Ca_{SF} \times CC_{Na})]\} \times 100$$

y/o el índice de consumo de calcio:

$$40 \quad IC_{Ca} = (TU_{Ca} / 100) \times Ca_{SF}$$

40 en las que Ca_{SA} es el nivel promedio de Ca⁺⁺ en las muestras acuosas de la rizosfera (112) a cada una de las profundidades examinadas, Ca_{SF} es el nivel de Ca⁺⁺ en la SF (115) y CC_{Na} es el coeficiente de concentración del sodio como ion marcador. La TU_{Ca} y/o el IC_{Ca} pueden evaluarse en función de unos niveles o intervalos preestablecidos.

45 Además, puede examinarse la relación entre Ca⁺⁺ y otros cationes (o aniones). Esta relación puede afectar a la utilización de Ca⁺⁺ por la planta (109). Por ejemplo, pueden evaluarse también las relaciones Ca⁺⁺/Na⁺ y Ca⁺⁺/Mg⁺⁺. En las tablas 4 y 5 que se incluyen más adelante se ofrecen ejemplos de criterios generales que pueden usarse para

evaluar las relaciones.

TABLA 4

	Nivel de Na ⁺	Relación Ca ⁺⁺ / Na ⁺	
	mEq/l	Baja	Adecuada
Solución de fertilizantes	< 3	< 1	≥ 1
	> 3	< 0,75	≥ 0,75
Solución acuosa	< 4	< 1	≥ 1
	> 4	< 0,75	≥ 0,75

5 En el caso del magnesio, puede analizarse y evaluarse el parámetro Mg⁺⁺. En las muestras acuosas de la rizosfera (112), unos niveles de Mg⁺⁺ inferiores a 1,5 mEq/l pueden indicar una baja disponibilidad, unos niveles de Mg⁺⁺ de entre 1,5 y 2 mEq/l pueden indicar una disponibilidad media y unos niveles de Mg⁺⁺ superiores a 2 mEq/l, una alta disponibilidad. También pueden tenerse en cuenta la tasa de utilización del magnesio:

$$10 \quad TU_{Mg} = \{1 - [Mg_{SA} / (Mg_{SF} \times CC_{Na})]\} \times 100$$

y/o el índice de consumo de magnesio:

$$15 \quad IC_{Mg} = (TU_{Mg} / 100) \times Mg_{SF}$$

en las que Mg_{SA} es el nivel promedio de Mg⁺⁺ en las muestras acuosas de la rizosfera (112) a cada una de las profundidades examinadas, Mg_{SF} es el nivel de Mg⁺⁺ en la SF (115) y CC_{Na} es el coeficiente de concentración del sodio como ion marcador. La TU_{Mg} y/o el IC_{Mg} pueden evaluarse en función de unos niveles o intervalos preestablecidos.

20 Además, puede examinarse la relación entre Mg⁺⁺ y otros cationes (o aniones). Esta relación puede afectar a la utilización de Mg⁺⁺ por la planta (109). Por ejemplo, puede evaluarse también la relación Ca⁺⁺/Mg⁺⁺. En la tabla 5 que se incluye a continuación se ofrece un ejemplo de los criterios generales que pueden usarse para evaluar la relación.

25 TABLA 5

	Nivel de Ca ⁺⁺	Relación Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺	
	mEq/l	Baja	Adecuada
Solución de fertilizantes	< 5	< 3	≥ 3
	> 5	< 2	≥ 2
Solución acuosa	< 6	< 3	≥ 3
	> 6	< 2	≥ 3

30 También pueden someterse a análisis y evaluaciones microelementos (o micronutrientes) como, por ejemplo, el hierro, el manganeso, el zinc, el cobre, el boro, etc., para determinar su disponibilidad e identificar riesgos de toxicidad y desequilibrios de nutrientes. En la tabla 6 que se incluye a continuación se ofrece un ejemplo de los criterios generales que pueden usarse para evaluar los microelementos en la rizosfera (112) y la SF (115).

TABLA 6

	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)
Bajo	< 0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,25	< 0,15
Medio	0,7-3	0,5-2	0,5-2	0,25-1	0,15-0,6
Alto	> 3	> 2	> 2	> 1	> 0,6

35 El efecto o los efectos de los nutrientes de la SF (115) sobre la planta (109) también se tienen en cuenta al determinar las medidas correctoras, como el ajuste de los niveles de nutrientes en la SF (115) para la siguiente aplicación. La figura 5 muestra la relación entre los nutrientes añadidos y sus efectos sobre la planta (109). Las sinergias entre los nutrientes con vistas a la absorción también pueden tenerse en cuenta al determinar la medida correctora del bloque 318 (figura 3). Un ejemplo de las sinergias entre los nutrientes se expone en la tabla 7 que se incluye a continuación.

40

TABLA 7

Asimilación de:	Reduce la asimilación de:	Aumenta la asimilación de:
NH ₄ ⁺	Mg, Ca, K, Mo	Mn, P, S, Cl
NO ₃ ⁻	Fe, Zn	Ca, Mg, K, Mo
P	Cu, Zn	Mo
K	Ca, Mg	Mn (suelos ácidos)
Ca	K	Mn (suelos alcalinos)
Mg	Cu, Zn	Mo
Fe	Cu,	
Zn	Mo	
Cu	Zn, Ca, Mo	
Mn		

- La evaluación de las condiciones para la determinación de las medidas correctoras adecuadas puede variar según la especie vegetal. Por ejemplo, las frutas y las verduras pueden prosperar en condiciones nutricionales muy distintas. Además, la tolerancia de la planta (109) a distintas concentraciones de iones, sustancias químicas y/o nutrientes también puede afectar a las medidas correctoras propuestas. El apéndice A incluye ejemplos de directrices de evaluación para especies de plantas de melocotonero y nectarino. Así, incluye directrices para la evaluación de la calidad del agua de riego y de muestras foliares (tejido de las plantas), muestras de la SF y muestras acuosas del suelo. Además, describe la distribución del riego en función del ciclo vegetativo tanto en plantas jóvenes como adultas e incluye diagnósticos y correcciones observadas basadas en la evaluación de las muestras acuosas. Los factores de corrección se determinan en función de la evaluación de distintos parámetros a fin de calcular la distribución del riego. La cantidad de uno o más aditivos puede precisarse aún más en función de la composición química de las muestras acuosas y el agua de riego.
- La supervisión y el control de las condiciones edáficas pueden llevarse a cabo con una aplicación ejecutable por un equipo informático. Por ejemplo, por medio de una aplicación de supervisión y control del suelo, pueden llevarse a cabo una evaluación de las muestras analizadas (bloque 315 de la figura 3) y la determinación y aplicación de las medidas correctoras (bloque 318 de la figura 3). Las medidas correctoras pueden determinarse, al menos en parte, en función de la evaluación de las muestras analizadas usando el reconocimiento de patrones, la evaluación con redes neuronales y/u otros procedimientos de identificación basados en reglas que se consideren adecuadas. Además, la aplicación de una SF (bloque 306 de la figura 3), la obtención de muestras (bloque 309 de la figura 3) y el análisis de las muestras (bloque 312 de la figura 3) pueden automatizarse y controlarse con la aplicación de supervisión y control. Esta aplicación también puede permitir el acceso a los datos de análisis almacenados a través de páginas en red u otras representaciones gráficas.
- Representaciones gráficas que pueden ofrecerse al usuario de la aplicación de supervisión y control del suelo. Estas representaciones gráficas pueden permitir al usuario acceder a la supervisión de los parámetros químicos y/o nutricionales de los cultivos controlados mediante el acceso, por ejemplo, a los perfiles de usuario, la dinámica evolutiva, la fitomonitorización, la comparación de la información de las parcelas y los análisis comparativos con valores de referencia. La dinámica evolutiva permite al usuario supervisar los cambios o los patrones de distintas concentraciones de sustancias químicas y/o nutrientes en las muestras acuosas (solución edáfica), las plantas, las frutas u otros factores que pueden contribuir, como, por ejemplo, el riego y la fertilización. Los límites superiores e inferiores se pueden incluir como directrices en las representaciones gráficas. Estos límites pueden variar en función del ciclo de vida de cada especie vegetal. La comparación de las parcelas (o de las zonas supervisadas) permite adaptar las medidas correctoras a cada zona. La fitomonitorización permite al usuario comparar los efectos de distintos parámetros con otras condiciones ambientales objeto de supervisión. Tal como se indica en el apéndice A, la distribución del riego puede variar en función del ciclo de cultivo de la especie vegetal y la edad de la planta.
- También pueden ofrecerse los resultados de la evaluación de distintos parámetros relacionados con el agua de riego, la composición del suelo y las plantas para que puedan consultarlos los usuarios. Tal como se ha indicado previamente, los resultados de la evaluación pueden incluir, además, medidas correctoras, que se determinan en función de dichos resultados. Por ejemplo, la aplicación de supervisión y control del suelo puede prever la adición de uno o más aditivos al agua de riego para mejorar la composición química de la rizosfera y aumentar así el crecimiento y la productividad. El usuario también puede acceder a las bases de datos de clientes para evaluar los datos históricos. Se puede seleccionar la representación gráfica de uno o varios parámetros supervisados. Los datos históricos se pueden mostrar en una hoja de cálculo o en uno o varios formatos gráficos.
- Además, la aplicación de supervisión y control del suelo puede generar diversos informes. Por ejemplo, se pueden ofrecer interpretaciones automáticas del análisis de las muestras en un informe, como, por ejemplo, el análisis

nutricional de la rizosfera, tal como se muestra en el apéndice C. Dicho informe puede incluir información del perfil relacionada, por ejemplo, con la salinidad, el pH, la composición nutricional o química, los microelementos y/o los macroelementos. El informe también puede incorporar medidas correctoras, que pueden adoptarse para restablecer o mantener el equilibrio de la composición química del sustrato. Por ejemplo, el informe puede indicar cuáles son los lavados y/o los aditivos adecuados para su aplicación al sustrato. El informe también puede especificar las cantidades de aditivos que deben añadirse al agua de riego en función, al menos en parte, de los resultados del análisis de la solución acuosa, a fin de restablecer la composición química o nutricional deseable en la rizosfera y/o el sustrato. Las cantidades de aditivos pueden basarse en los niveles de iones, sustancias químicas y/o nutrientes evaluados. También pueden incluirse las cantidades recomendadas, por ejemplo, en un cuadro o una base de datos en función, al menos en parte, del coeficiente de concentración (CC), la tasa de utilización (TU) y/o el índice de consumo (IC). En otras aplicaciones, las cantidades recomendadas pueden determinarse, al menos en parte, en función de la evaluación de las concentraciones, el CC, la TU y/o el IC usando el reconocimiento de patrones, la evaluación con redes neuronales y otros procedimientos de identificación basados en reglas que se consideren adecuadas.

Con respecto a la figura 6, esta muestra un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de la evaluación que puede llevarse a cabo en el bloque 315 de la figura 3. La composición química, el coeficiente de concentración (CC), la tasa de utilización (TU) y/o el índice de consumo (IC) pueden evaluarse en función, al menos en parte, del análisis de las muestras del bloque 312 (figura 3). Cada parámetro de las muestras obtenidas puede analizarse y evaluarse individualmente o junto con los parámetros de esa misma muestra o de otras muestras para determinar las medidas correctoras del bloque 318 (figura 3). Empezando con el bloque 603, se determina la especie vegetal a fin de evaluar las muestras analizadas. Por ejemplo, el usuario puede identificar la especie vegetal (109) (figura 1) a través de una interfaz de usuario o en función de la información asociada a las muestras obtenidas o al lugar en que se obtuvieron (por ejemplo, a partir de un perfil de usuario almacenado en un repositorio de datos). La fase del ciclo vegetativo de la especie vegetal identificada se determina en el bloque 606. Dicha fase puede basarse, por ejemplo, en la época del año. El ciclo vegetativo puede dividirse en distintas fases vegetativas durante la temporada de crecimiento en la ubicación en que se encuentre la especie vegetal. En algunas aplicaciones, el ciclo vegetativo se determina por el mes del año. No se tienen en cuenta los meses en los que la especie vegetal se encuentra en fase de reposo. La fase del ciclo vegetativo también puede ajustarse, al menos en parte, en función de la madurez de la planta (es decir, en función de que se trate de una planta joven o una planta adulta). Además, se puede determinar la edad de la planta.

Los resultados del análisis de las muestras acuosas, de las muestras del tejido de la planta, de las muestras de la SF y/o de las muestras del agua de riego pueden utilizarse para evaluar la disponibilidad, los equilibrios, las absorciones y el ritmo de uso de los nutrientes a lo largo del ciclo vegetativo de la planta (109). Por ejemplo, en el bloque 609, pueden evaluarse los resultados de los análisis de las muestras acuosas para determinar las condiciones de la rizosfera (112) (figura 1). Los niveles de sustancias químicas, minerales, nutrientes, iones y/o conductividad de las muestras acuosas pueden examinarse y compararse con niveles preestablecidos asociados a la correspondiente especie vegetal. Los niveles preestablecidos pueden delimitar dos o más intervalos. Los intervalos pueden establecerse para un nivel promedio de la sustancia química, el mineral, el nutriente, el ion y/o la conductividad en toda la rizosfera (112) o en cada profundidad de esta que se examine. Los niveles preestablecidos también pueden delimitar un intervalo deseable por medio de límites máximos y/o mínimos. Por ejemplo, puede examinarse el nivel de NO_3^- y Cl^- en la rizosfera (112) y compararse con unos niveles preestablecidos asociados a la especie vegetal. Las tablas 1 y 6 contienen ejemplos de niveles preestablecidos para los intervalos bajos, medios (o deseables) y altos de determinados compuestos químicos y microelementos en la rizosfera (112). En otras aplicaciones, puede especificarse un nivel deseable mediante unas tolerancias máximas y mínimas. En algunos casos, pueden especificarse niveles preestablecidos para otras combinaciones de intervalos, como, por ejemplo, muy bajos, bajos, deseables, altos y muy altos.

Además, también pueden determinarse y evaluarse los coeficientes de concentración de otros iones, otras sustancias químicas y/u otros nutrientes en las muestras acuosas. Por ejemplo, puede evaluarse el nivel de otras combinaciones, como K^+/Na^+ , $\text{K}^+/\text{Mg}^{++}$, $\text{Ca}^{++}/\text{Na}^+$, $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ y/o $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, dentro de la rizosfera (112) tomando como base los niveles preestablecidos. Las tablas 2 a 5 contienen ejemplos de niveles preestablecidos para los intervalos bajos y adecuados (o deseables) de distintas relaciones de iones y/o combinaciones de iones. Los niveles preestablecidos para las concentraciones o las relaciones pueden basarse, al menos en parte, en los datos históricos y los patrones de crecimiento de la correspondiente especie vegetal. Los niveles (o intervalos) pueden variar en función, al menos en parte, del ciclo vegetativo y/o la madurez de la especie vegetal identificada. Los niveles preestablecidos pueden cambiar a medida que avance el ciclo vegetativo: pasando del crecimiento inicial a la floración y a la formación y maduración de los frutos. También pueden variar en función de la madurez de la planta. A medida que envejece cada especie vegetal, cambian sus necesidades nutricionales. Además, el cambio en la profundidad de las raíces puede precisar de ajustes en los niveles predeterminados para adaptarse a las distintas profundidades de la rizosfera (112).

En el bloque 612, puede evaluarse la condición de la planta (109) en función, al menos en parte, del análisis de las muestras del tejido de esta. Las muestras del tejido de la planta (109) pueden tomarse, por ejemplo, de las hojas, los tallos, los frutos, las flores y/o las raíces, y analizarse en el bloque 312 de la figura 3. Los niveles de sustancias

químicas, minerales, nutrientes y/o conductividad de las muestras del tejido de la planta pueden examinarse y compararse con niveles preestablecidos asociados a la correspondiente especie vegetal. También pueden determinarse y evaluarse los coeficientes de concentración de otros iones, otras sustancias químicas y/u otros nutrientes en las muestras de este tejido. Tal como se ha descrito previamente, los niveles preestablecidos pueden expresarse como distintos intervalos, que pueden basarse, al menos en parte, en los datos históricos y los patrones de crecimiento de la correspondiente especie vegetal. Los niveles (o intervalos) preestablecidos pueden variar en función, al menos en parte, del lugar en que se obtuviera la muestra del tejido de la planta, el ciclo vegetativo y/o la madurez de la especie vegetal identificada. El ciclo vegetativo puede dividirse en distintas fases vegetativas durante la temporada de crecimiento en la ubicación en que se encuentre la especie vegetal. En algunas aplicaciones, el ciclo vegetativo se determina por el mes del año y puede incluir los meses en los que la especie vegetal se encuentre en fase de reposo.

En el bloque 615, se evalúan los parámetros de la SF (115) (figura 1) en función, al menos en parte, del análisis de las muestras del bloque 312 (figura 3). Los niveles de sustancias químicas, minerales, nutrientes y/o conductividad de las muestras de la SF pueden examinarse y compararse con niveles preestablecidos. También pueden determinarse y evaluarse los coeficientes de concentración de otros iones, otras sustancias químicas y/u otros nutrientes en las muestras de este tejido. Las concentraciones y/o los coeficientes pueden ser similares o diferentes de los evaluados en las muestras acuosas. Los niveles preestablecidos pueden delimitar distintos intervalos, como, por ejemplo, un intervalo deseable basado en límites superiores y/o inferiores para algunos iones, sustancias químicas, nutrientes y/o microelementos de la SF (115). En otras aplicaciones, puede especificarse un nivel deseable mediante unas tolerancias máximas y mínimas. En algunos casos, pueden especificarse niveles preestablecidos para otras combinaciones de intervalos, como, por ejemplo, muy bajos, bajos, deseables, altos y muy altos. Los niveles (o intervalos) preestablecidos pueden variar en función, al menos en parte, del ciclo vegetativo de la planta (109).

La interacción entre los distintos parámetros de las muestras acuosas, las muestras del tejido de la planta y/o las muestras de la SF se evalúa en el bloque 618. Tal como se ha señalado previamente en relación con la figura 5, la utilización, la absorción y/o el consumo de ciertos iones, sustancias químicas y nutrientes pueden verse afectados por las concentraciones de otros iones, sustancias químicas, microelementos y/u otros nutrientes. En el bloque 618 pueden evaluarse diversas combinaciones de elementos en las muestras acuosas, del tejido de las plantas y de la SF. Los indicadores clave que pueden usarse en la evaluación son el coeficiente de concentración (CC), la tasa de utilización (TU) y el índice de consumo (IC) de diversos iones, sustancias químicas y/o nutrientes. Por ejemplo, pueden determinarse y evaluarse el CC, la TU y el IC para uno o varios aniones, como, por ejemplo, NO_3^- , H_2PO_4^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} o SO_4^{2-} ; cationes como, por ejemplo, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y/o NH_4^+ ; y/o microelementos como, por ejemplo, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo y/o urea. La TU para los aniones puede determinarse usando, por ejemplo, Cl^- como ion marcador y la TU para los cationes puede determinarse usando, por ejemplo, Na^+ como ion marcador. El CC, la TU y/o el IC también pueden determinarse y evaluarse para uno o más macronutrientes, como, por ejemplo, el fósforo y/o el nitrógeno, en función de uno o más aniones y/o cationes. El CC, la TU y el IC se pueden comparar con los niveles preestablecidos que delimitan distintos intervalos, que pueden variar en función, al menos en parte, del ciclo vegetativo y/o la madurez de la especie vegetal identificada.

Las recomendaciones de medidas correctoras se determinan en el bloque 621. Estas pueden determinarse, al menos en parte, en función de las evaluaciones de las muestras analizadas usando, por ejemplo, el reconocimiento de patrones, la evaluación con redes neuronales y/u otros procedimientos de identificación basados en reglas que se consideren adecuadas. Las recomendaciones pueden incluir, entre otras medidas, cambios en la composición química de la SF (115). Pueden tener en cuenta la condición (o la calidad) del agua de riego (bloque 624) que se haya determinado con el análisis de las muestras de dicha agua y las condiciones edáficas en la rizosfera (112) (bloque 627) que se hayan determinado a partir de las muestras iniciales tomadas durante la colocación de las sondas de succión (106). Las concentraciones de sustancias químicas, nutrientes y/o iones y las relaciones entre dichas sustancias, nutrientes o iones se pueden determinar tal como se ha descrito previamente. La recomendación también puede tener en cuenta la porción no usada de las sustancias químicas, los nutrientes y/o los iones que permanezcan a distintas profundidades en la rizosfera (112) y/o las porciones de sustancias químicas, nutrientes y/o iones que se hayan perdido. Además, la recomendación puede incluir la condición actual de las sustancias químicas, los microelementos, el pH, la conductividad eléctrica y otros nutrientes en la rizosfera (112), el tejido de las plantas o la SF (115), así como las medidas correctoras recomendadas para volver a los niveles deseables de estos parámetros. Por otra parte, las recomendaciones pueden especificar unas cantidades de sustancias químicas y/o nutrientes en la SF (115). También puede recomendarse la adición de un agente quelante concreto en función del pH actual o previsto en la rizosfera (112). En otros casos, las recomendaciones pueden incluir, además, la adición de agua de riego a la SF (115) para reducir los niveles de determinados elementos. Las recomendaciones pueden basarse en los niveles de iones, sustancias químicas y nutrientes en toda la rizosfera (112). En algunos casos, pueden tener en cuenta las concentraciones en la rizosfera a distintas profundidades (112).

Por ejemplo, los niveles de nitrógeno del momento pueden compararse con los niveles deseables en la correspondiente fase del ciclo vegetativo para decidir si es recomendable realizar algún ajuste. Para determinar si los correspondientes niveles de nitrógeno deben ajustarse, es posible que sea necesario comparar las concentraciones obtenidas por las sondas a una o varias profundidades. Los niveles presentes en el momento en la

SF (115) también pueden tenerse en cuenta en la evaluación. Es posible obtener y utilizar los valores de algunos indicadores clave, como el CC_N , la TU_N y/o el IC_N , para recomendar las medidas correctoras necesarias para eliminar o reducir los efectos medioambientales. La relación entre los niveles analizados y los niveles preestablecidos para la planta (109) puede usarse para decidir si debe ajustarse el nivel de nitrógeno de la SF (115) mediante un aumento o una reducción, por ejemplo, de los niveles de NO_3^- y/o NH_4^+ . Si el nivel de nitrógeno es inferior o superior al intervalo deseable, es posible informar sobre dicha condición y ofrecer recomendaciones para ajustar dicho parámetro. En algunos casos, la cantidad de sustancias químicas o nutrientes añadidos a la SF (115) que debe aumentarse o reducirse puede determinarse, al menos en parte, en función de la desviación respecto del intervalo deseable. Además, puede calcularse la frecuencia de la adición.

También pueden evaluarse y utilizarse para recomendar los ajustes necesarios los cambios entre los niveles de nitrógeno del momento y anteriores presentes en las muestras del tejido de las plantas obtenidas de las hojas, los tallos, la savia, etc., así como las variaciones en los perfiles históricos durante el ciclo vegetativo de la planta (109). Además, pueden tenerse en cuenta la interacción con otras sustancias químicas y/o nutrientes y el efecto sobre la absorción y la utilización por la planta (109). Por ejemplo, puede examinarse la relación entre las concentraciones de NO_3^- y Cl^- para saber si existe una relación adecuada en la planta (109). En función de estas relaciones, pueden adoptarse recomendaciones sobre posibles ajustes en la SF (115). Por ejemplo, si el análisis de las muestras acuosas y del tejido de la planta arroja unos niveles de nitrógeno superiores al nivel preestablecido para la rizosfera (112) pero inferiores al nivel preestablecido para la planta, se puede recomendar mantener el nivel de nitrógeno de la SF (115) para garantizar que se cubran las necesidades de la planta (109). Esta recomendación puede tener en cuenta la fase del ciclo vegetativo y/o el perfil histórico de la planta (109), así como el pH y la conductividad eléctrica del momento.

Se pueden llevar a cabo evaluaciones similares para otros iones, sustancias químicas y/o nutrientes, como, por ejemplo, el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio, el amonio, los cloruros, el sodio y/o microelementos como, por ejemplo, el hierro, el manganeso, el cobre, el zinc, el boro y/o el molibdeno. También pueden calcularse algunos indicadores clave, como el CC , la TU y/o el IC , para uno o varios de estos iones, sustancias químicas o nutrientes y utilizarse para establecer una recomendación. La relación entre los niveles analizados y los niveles preestablecidos para la planta (109) puede usarse para decidir si debe ajustarse el nivel de la sustancia química y/o el nutriente en la SF (115). Además, pueden tenerse en cuenta la interacción con otras sustancias químicas y/o nutrientes y el efecto sobre la absorción, la utilización y el consumo por la planta (109). En el caso del potasio, puede examinarse la relación entre las concentraciones de K^+ y Na^+ y/o K^+ y Mg^{++} para saber si existe una relación adecuada en la planta (109). En el caso del calcio, puede examinarse la relación entre las concentraciones de Ca^{++} y Na^+ y/o Ca^{++} y Mg^{++} para saber si existe una relación adecuada. En el caso del magnesio, puede examinarse la relación entre las concentraciones de Ca^{++} y Mg^{++} para saber si existe una relación adecuada. La recomendación sobre determinada sustancia química o nutriente puede ajustarse para que tenga en cuenta los cambios en la recomendación sobre otra sustancia química o nutriente.

Si se detecta la acumulación de uno o más microelementos, puede recomendarse un agente quelante adecuado (por ejemplo, EDTA, DTPA o EDDHA) sin dejar de tener en cuenta el pH de la rizosfera (112) del momento o previsto. También se pueden recomendar ajustes en los aminoácidos, el fosfato monoamónico, el fosfato monopotásico, el nitrato de magnesio y/o los fertilizantes a base de calcio que se suministran a la planta (109) en función de la evaluación de la información obtenida con los análisis. Además, se pueden realizar recomendaciones relacionadas con los ajustes en los patrones y/o las cantidades de riego tomando como base la información disponible. También pueden evaluarse las condiciones del drenaje y la aireación.

Las recomendaciones pueden tener en cuenta, además, la ubicación de las distintas muestras en el campo en el que se encuentran las plantas (109). Por ejemplo, se pueden recomendar ajustes en la configuración del sistema de riego tomando como base, al menos en parte, las diferencias en los niveles de sustancias químicas y/o nutrientes en distintas ubicaciones del campo. También pueden tenerse en cuenta las diferencias en la composición del suelo en distintas ubicaciones del campo y recomendarse así distintas soluciones de fertilizantes (115) para las diferentes zonas del campo. Además, pueden recomendarse correcciones en las prácticas de riego, como, por ejemplo, un aumento o una reducción del ciclo de riego. En algunos casos, cabe tener en cuenta las variaciones en las condiciones climáticas (del momento y/o previstas) al determinar las recomendaciones de medidas correctoras. También pueden recomendarse otras operaciones de cultivo que se justifiquen, al menos en parte, con la evaluación de las muestras acuosas, de los tejidos de la planta o de la SF.

Con respecto a la figura 7, esta muestra un ejemplo de un sistema (700) que puede utilizarse para la supervisión y el control de las condiciones edáficas. El sistema (700) incluye uno o más equipos informáticos (703) y uno o más dispositivos de usuario (706). El equipo informático (703) incorpora, al menos, un circuito de procesador con, por ejemplo, un procesador (709) y una memoria (712), ambos conectados a una interfaz local (715). Para cumplir con su función, el equipo o los equipos informáticos (703) pueden consistir, por ejemplo, en un servidor o cualquier otro sistema con capacidad de computación. El equipo o los equipos informáticos (703) pueden incluir, por ejemplo, uno o más dispositivos de visualización, como pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT), pantallas de cristal líquido (LCD), pantallas planas de plasma, proyectores LCD u otros tipos de dispositivos de visualización. También pueden incluir, por ejemplo, distintos dispositivos periféricos. Estos dispositivos periféricos pueden incluir, en particular,

dispositivos de entrada, como, por ejemplo, un teclado, un teclado numérico, un panel táctil (*touchpad*), una pantalla táctil, un micrófono, un escáner, un ratón, una palanca de mando (*joystick*), uno o varios botones pulsadores, etc. A pesar de hacerse referencia al equipo informático (703) en singular, se entiende que pueden emplearse varios equipos informáticos (703) con las distintas configuraciones que se han descrito previamente. La interfaz local (715) puede consistir, por ejemplo, en un bus de datos con el correspondiente bus de direcciones o de control u otras estructuras de buses que se consideren adecuadas.

En la memoria (712) se almacenan tanto datos como distintos componentes ejecutables por el procesador (709). En particular, se encuentran almacenadas en la memoria (712) y son ejecutables por el procesador (709) una aplicación de supervisión y control del suelo (718) y, posiblemente, otras aplicaciones. También pueden guardarse en la memoria (712) un repositorio de datos (721) y otros datos. Los datos almacenados en el repositorio de datos (721) están relacionados, por ejemplo, con el funcionamiento de las distintas aplicaciones y/o funcionalidades que se describen a continuación. El repositorio de datos puede incluir, por ejemplo, resultados de los análisis de las muestras, medidas correctoras y otros datos o información que se consideren convenientes. Además, puede almacenarse en la memoria (712) un sistema operativo (724), que podrá ejecutar el procesador (709). El repositorio de datos (721) puede encontrarse en un único equipo informático o estar repartido entre numerosos equipos diferentes.

El dispositivo de usuario (706) representa diversos dispositivos de usuario que pueden estar conectados con el equipo informático (703) a través de una red (727), como, por ejemplo, Internet, intranets, extranets, redes de área amplia (WAN), redes de área local (LAN), redes cableadas, redes inalámbricas, redes configuradas para la comunicación a través de la red eléctrica u otras redes adecuadas, así como cualquier combinación de dos o más de dichas redes. En algunos modos de realización, el dispositivo de usuario (706) puede estar conectado directamente al equipo informático (703).

El dispositivo de usuario (706) puede consistir, por ejemplo, en un sistema con procesador, como un sistema informático. Dicho sistema informático puede adoptar la forma de un ordenador de sobremesa, un ordenador portátil, una agenda electrónica, un teléfono móvil, un web pad, una tableta u otros dispositivos con una funcionalidad similar. El dispositivo de usuario (706) incluye un dispositivo de visualización (730) que puede mostrar distintas páginas en red (733) y otros contenidos. Este dispositivo de usuario (706) puede configurarse para ejecutar diversas aplicaciones, como un navegador (736) y/u otras aplicaciones. El navegador (736) puede ejecutarse en un dispositivo de usuario (706), por ejemplo, para localizar y mostrar páginas en red (733), como páginas web u otros contenidos de la red almacenados en el equipo informático (703) y/o en otros servidores. El dispositivo de usuario (703) se puede configurar para ejecutar aplicaciones distintas del navegador (736), como, por ejemplo, aplicaciones de correo electrónico, mensajería instantánea y/u otras aplicaciones.

Los componentes ejecutados en el equipo informático (703) incluyen, por ejemplo, una aplicación de supervisión y control del suelo (718) y otros sistemas, aplicaciones, servicios, procesos, motores o funcionalidades no mencionados expresamente en el presente documento. La aplicación de supervisión y control del suelo (718) puede generar páginas de red (733), como páginas web u otros tipos de contenidos de red, que se envían al dispositivo de usuario (706), previa solicitud, con el objetivo de ver datos almacenados o medidas correctoras recomendadas.

Se entiende que pueden existir otras aplicaciones almacenadas en la memoria (712) y ejecutables por el procesador (709), según se estime conveniente. Cuando cualquiera de los componentes citados en la presente descripción se integre en software, podrá emplearse cualquier lenguaje de programación, como, por ejemplo, C, C++, C#, Objective C, Java, Java Script, Perl, PHP, Visual Basic, Python, Ruby, Delphi, Flash u otros.

Diversos componentes de software se almacenan en la memoria (712) y son ejecutables por el procesador (709). Al respecto, el término «ejecutable» hace referencia a un archivo de programa que presenta una forma que permite su ejecución por el procesador (709). Algunos ejemplos de programas ejecutables son, entre otros, los programas compilados que pueden traducirse a lenguaje de máquina en un formato que puede cargarse en la parte de la memoria (712) correspondiente a la memoria de acceso aleatorio y ser ejecutado por el procesador (709); código fuente que puede expresarse en un formato adecuado, como código objeto susceptible de cargarse en la parte de la memoria (712) correspondiente a la memoria de acceso aleatorio y ser ejecutado por el procesador (709); o código fuente que puede ser interpretado por otro programa ejecutable para generar instrucciones en la parte de la memoria (712) correspondiente a la memoria de acceso aleatorio a fin de que sean ejecutadas por el procesador (709). Los programas ejecutables pueden almacenarse en cualquier parte o componente de la memoria (712), incluyendo, por ejemplo, memorias de acceso aleatorio (RAM); memorias de solo lectura (ROM); discos duros; unidades de estado sólido; dispositivos de almacenamiento USB; tarjetas de memoria; discos ópticos, como discos compactos (CD) o discos versátiles digitales (DVD); disquetes; cintas magnéticas u otros componentes de la memoria.

A efectos de la presente descripción, se consideran como memoria (712) los componentes de memoria y almacenamiento de datos tanto volátiles como no volátiles. Los componentes volátiles son los que no retienen los datos una vez cortado el suministro eléctrico. Los componentes no volátiles retienen los datos tras cortar el suministro eléctrico. Por tanto, la memoria (712) puede consistir, por ejemplo, en una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), unidades de disco duro, unidades de estado sólido, dispositivos de

almacenamiento USB, tarjetas de memoria a las que se acceda a través del lector de tarjetas de memoria, disquetes a los que se acceda a través de una disquetera asociada, discos ópticos a los que se acceda a través de una unidad de discos ópticos, cintas magnéticas a las que se acceda a través de la unidad de cintas adecuada, cualquier otro componente de memoria o una combinación de dos o más de estos componentes de memoria. Por su parte, la RAM puede consistir, por ejemplo, en una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), una memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM) o una memoria magnética de acceso aleatorio (MRAM) y los dispositivos correspondientes. La ROM puede consistir, por ejemplo, en una memoria programable de solo lectura (PROM), una memoria programable de solo lectura borrable (EPROM), una memoria programable de solo lectura borrable eléctricamente (EEPROM) u otro dispositivo de memoria similar.

Además, el procesador (709) puede representar múltiples procesadores (709) y la memoria (712), múltiples memorias (712) que funcionen en circuitos de procesamiento paralelo, respectivamente. En tales casos, la interfaz local (715) puede ser una red adecuada que facilite la comunicación entre cualesquiera dos de los múltiples procesadores (709), entre cualquier procesador (709) y cualquiera de las memorias (712), entre cualesquiera dos memorias (712), etc. La interfaz local (715) puede incorporar sistemas adicionales diseñados para coordinar esta comunicación, incluyendo, por ejemplo, el balance de carga. El procesador (709) puede ser eléctrico o de cualquier otro tipo disponible.

Aunque la aplicación de supervisión y control del suelo (718) y otros sistemas descritos en el presente documento pueden estar integrados en software o código ejecutados por hardware de uso general, tal como se ha descrito previamente, también pueden integrarse en hardware dedicado o en una combinación de software o hardware de uso general y hardware dedicado. Si se encuentran en hardware dedicado, cada uno de ellos puede implementarse como un circuito o máquina de estados que emplee una o varias tecnologías. Estas tecnologías pueden incluir, entre otras, circuitos lógicos discretos con puertas lógicas para la ejecución de distintas funciones lógicas tras la generación de una o más señales de datos, circuitos integrados específicos para determinada aplicación que cuenten con puertas lógicas adecuadas, u otros componentes. Estas tecnologías generalmente son conocidas por los expertos en la materia y, por tanto, no se describen de manera detallada en el presente documento.

Los diagramas de flujo de las figuras 3 y/o 6 muestran las funciones y el funcionamiento resultantes de la ejecución de algunos aspectos de una aplicación de supervisión y control del suelo (718). Si la aplicación se encuentra integrada en un software, cada bloque puede representar un módulo, un segmento o una porción de código que contiene las instrucciones del programa para ejecutar la función o las funciones lógicas especificadas. Las instrucciones del programa pueden estar integradas como código fuente en un formato legible por humanos escrito en un lenguaje de programación o como lenguaje de máquina con instrucciones numéricas reconocibles por un sistema de ejecución adecuado, como el procesador (709) de un sistema informático u otro sistema. Es posible realizar la conversión a lenguaje de máquina a partir del código fuente, etc. Si la aplicación se encuentra integrada en el hardware, cada bloque puede representar un circuito o un número de circuitos interconectados para ejecutar la función o las funciones lógicas especificadas.

Aunque los diagramas de flujo de las figuras 3 y 6 muestran un orden de ejecución concreto, se entiende que este puede diferir del orden expuesto. Por ejemplo, el orden de ejecución de dos o más bloques puede intercambiarse con respecto al orden mostrado. Además, dos o más de los bloques que se muestran en orden sucesivo en las figuras 3 y/o 6 pueden ejecutarse de manera simultánea, total o parcialmente. Por otra parte, en algunos modos de realización, uno o varios de los bloques que se muestran en las figuras 3 y/o 6 pueden ignorarse u omitirse. Además, puede añadirse cualquier cantidad de contadores, variables de estado, semáforos de advertencia o mensajes al flujo lógico descrito en el presente a fin de mejorar la utilidad, la contabilidad o la medición del rendimiento, ofrecer asistencia para la resolución de problemas, etc. Se entiende que todas estas variaciones entran en el ámbito de aplicación de la presente descripción.

Por otra parte, toda estructura lógica o aplicación descrita en este documento que incluya software o código, incluyendo la aplicación de supervisión y control del suelo (718), puede integrarse en cualquier soporte no transitorio legible por ordenador para su uso por sistemas de ejecución de instrucciones o en conexión con estos, como, por ejemplo, el procesador (709) de un sistema informático u otro sistema. En este sentido, la estructura lógica puede incluir, por ejemplo, instrucciones y declaraciones que el sistema de ejecución de instrucciones puede leer en el soporte legible por ordenador y ejecutar. En el contexto de la presente declaración, el soporte legible por ordenador puede ser cualquier soporte que contenga, almacene o conserve la estructura lógica o la aplicación descritas en la presente descripción para su uso por el sistema de ejecución de instrucciones o en conexión con este. El soporte legible por ordenador puede ser un soporte físico de los muchos tipos disponibles, como, por ejemplo, electrónico, magnético, óptico, electromagnético, por infrarrojos o semiconductor. Algunos ejemplos más concretos de soporte adecuado legible por ordenador serían, entre otros, las cintas magnéticas, los disquetes, los discos duros, las tarjetas de memoria, las unidades de estado sólido, los dispositivos de almacenamiento USB y los discos ópticos. El soporte legible por ordenador también puede ser una memoria de acceso aleatorio (RAM), incluyendo, por ejemplo, las memorias estáticas de acceso aleatorio (SRAM), las memorias dinámicas de acceso aleatorio (DRAM) o las memorias magnéticas de acceso aleatorio (MRAM). Además, puede ser una memoria de solo lectura (ROM), una memoria programable de solo lectura (PROM), una memoria programable de solo lectura borrable (EPROM), una memoria programable de solo lectura borrable eléctricamente (EEPROM) u otro tipo de dispositivo de memoria.

De manera resumida, un modo de realización, entre otros, comprende un procedimiento que incluye la obtención de muestras acuosas mediante su extracción de varias sondas de succión colocadas a distintas profundidades en el sustrato, incluyendo la rizosfera de la especie vegetal en dicho sustrato; el análisis de las muestras acuosas para determinar la composición química de esas zonas del sustrato; y la determinación de las cantidades de aditivo que deben añadirse al agua de riego suministrada al sustrato para ajustar la composición química del sustrato en función, al menos en parte, de la composición química determinada y de la especie vegetal. Al menos una de las distintas sondas de succión puede colocarse en la rizosfera. La determinación de la composición química del sustrato puede incluir la determinación de la composición química en parte de la rizosfera.

El procedimiento puede incluir la determinación de las cantidades de varios aditivos que se añaden al agua de riego suministrada al sustrato para ajustar la composición química de este en función, al menos en parte, de la composición química determinada y de la especie vegetal. El aditivo puede consistir en agua, residuos acuosos, fertilizantes o una combinación de estos. El procedimiento puede incluir la obtención de una muestra de la solución de fertilizantes (SF) que se haya aplicado al sustrato y el análisis de la muestra de la SF para determinar su composición, de modo que la cantidad de aditivo que se calcule se base, al menos en parte, en la composición de la SF determinada. La SF se puede aplicar al sustrato al menos con una antelación preestablecida a la extracción de las muestras acuosas de las distintas sondas de succión. La muestra de la SF se puede obtener a lo largo de todo el periodo de riego durante el que se aplique la SF al sustrato.

El procedimiento puede incluir la extracción de las muestras acuosas de todas las sondas de succión. Se puede generar vacío en cada una de las sondas de succión para inducir la conducción hidráulica de las soluciones acuosas desde el sustrato hasta cada sonda de succión. El procedimiento puede incluir la obtención de una muestra del agua de riego y el análisis de dicha muestra para determinar su composición, de modo que la cantidad de aditivo que se calcule se base, al menos en parte, en la composición del agua de riego determinada. El procedimiento puede conllevar también la obtención de una muestra de tejido de la especie vegetal en la rizosfera y el análisis de dicha muestra para determinar las condiciones nutricionales de la planta. Además, el procedimiento puede incluir el cálculo de las cantidades de aditivo que deben añadirse al agua de riego para elaborar una SF que se aplique en el sustrato. El procedimiento también puede incluir el mezclado de las cantidades de aditivo determinadas con el agua de riego para elaborar una SF y la aplicación de la SF en el sustrato. La SF se puede aplicar por medio de una línea de riego por goteo.

Otro modo de realización, entre otros, comprende un procedimiento que incluye la instalación de una sonda de succión a determinada profundidad en el sustrato, la generación de vacío en la sonda de succión para inducir la conducción hidráulica de las soluciones acuosas desde el sustrato hasta la sonda, la extracción de una muestra acuosa de la sonda de succión tras aplicar el vacío durante un periodo de tiempo preestablecido y el análisis de la muestra acuosa para determinar la composición química del sustrato a la profundidad examinada. El procedimiento puede incluir la instalación de varias sondas de succión a distintas profundidades en el sustrato, la generación de vacío en cada una de las sondas de succión para inducir la conducción hidráulica de las soluciones acuosas desde el sustrato hasta cada sonda, la extracción de muestras acuosas de cada una de las sonda de succión tras aplicar el vacío durante un periodo de tiempo preestablecido y el análisis de las muestras acuosas para determinar la composición química del sustrato en las distintas profundidades examinadas.

Las muestras acuosas se pueden analizar para determinar la composición química del sustrato en las diferentes profundidades examinadas. Al menos una de las distintas sondas de succión puede colocarse en la rizosfera de la especie vegetal. Las muestras acuosas se pueden analizar para determinar la composición química de dichas zonas de la rizosfera. El procedimiento puede incluir la determinación de una medida correctora basada, al menos en parte, en la composición química determinada en la rizosfera. La medida correctora puede ser un riego de lavado. El procedimiento también puede incluir la obtención de distintas muestras del suelo procedentes de la rizosfera a distintas profundidades. Además, puede conllevar la determinación de una medida correctora basada, al menos en parte, en la composición química determinada en el sustrato.

Otro modo de realización, entre otros, comprende un procedimiento que incluye la obtención, mediante un equipo informático, de la composición de la solución de fertilizantes (SF) que se ha aplicado a un sustrato, incluyendo la rizosfera de una especie vegetal; la obtención, mediante el equipo informático, de la composición química de una zona de la rizosfera mediante el análisis de una muestra acuosa obtenida de una sonda de succión colocada en la rizosfera tras la aplicación de la SF en el sustrato; la determinación, por el equipo informático, de la utilización de nutrientes por la especie vegetal, en función, al menos en parte, de la composición de la SF y la composición química de la rizosfera; y el cálculo, por el equipo informático, de la cantidad de aditivo que debe añadirse al agua de riego para elaborar una SF que se aplique al sustrato. El procedimiento puede incluir la determinación de la composición química de la rizosfera a diversas profundidades mediante el análisis de las muestras acuosas obtenidas de las sondas de succión colocadas en la rizosfera a distintas profundidades tras la aplicación de la SF en el sustrato.

El procedimiento puede incluir la determinación de la composición química de la rizosfera a diversas profundidades mediante el análisis de las muestras acuosas obtenidas de las sondas de succión colocadas en la rizosfera a

distintas profundidades tras la aplicación de la SF en el sustrato. También puede incluir el cálculo del estado nutricional de la especie vegetal, que se basa en el análisis de la muestra del tejido de la especie vegetal, y la determinación de las cantidades de nutrientes necesarias en la SF, en función, al menos en parte, de la utilización de nutrientes determinada y del estado nutricional de la especie vegetal. La determinación de la utilización de nutrientes puede incluir la evaluación de las concentraciones del ion marcador, obtenidas mediante el análisis de la muestra acuosa. La determinación de la utilización de nutrientes puede incluir el cálculo de la tasa de utilización del nitrógeno y/o el potasio.

Debe subrayarse que los modos de realización relatados en la presente descripción únicamente constituyen ejemplos de las posibles aplicaciones y se incluyen para facilitar la comprensión de los principios de esta descripción. Es posible introducir numerosas variaciones y modificaciones en los modos de realización descritos sin desviarse sustancialmente del espíritu y los principios de la descripción. Dichas modificaciones y variaciones se consideran incluidas en el ámbito de aplicación de la presente descripción y protegidas por las reivindicaciones que se incluyen más adelante.

Debe señalarse que las relaciones, concentraciones, cantidades y otros datos numéricos pueden haberse expresado en la presente descripción mediante intervalos. Debe entenderse que el uso de intervalos responde a razones de conveniencia y brevedad y, por tanto, dichos intervalos deben interpretarse de manera flexible, de modo que no solo incluyan los valores numéricos mencionados expresamente como límites del intervalo, sino también todos los valores numéricos o subintervalos incluidos en dicho intervalo de igual manera que si se citaran expresamente. A modo de ejemplo, debe interpretarse que un intervalo de concentración de «aproximadamente, entre el 0,1 % y el 5 %» incluye no solo las concentraciones expresamente mencionadas de, aproximadamente, el 0,1 % m/m y el 5 % m/m, sino también las concentraciones individuales (por ejemplo, 1 %, 2 %, 3 % y 4 %) y los subintervalos (por ejemplo, 0,5 %, 1,1 %, 2,2 %, 3,3 % y 4,4 %) del intervalo indicado. El término «aproximadamente» puede incluir el redondeo tradicional en función de las cifras significativas de los valores numéricos. Además, en el enunciado «aproximadamente, entre “x” e “y”» o similar debe entenderse incluido el enunciado «entre, aproximadamente, “x” y, aproximadamente, “y”».

Apéndice A

1. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

5 **1.1. Salinidad total**

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
CE < 600 mmhos/cm	Agua de calidad excelente	Permite un gradiente de agua óptimo. Riesgo de "agrietamiento" de la fruta en suelos con propiedades físico-químicas limitadas y una alta permeabilidad.
600 < CE < 1200 mmhos/cm	Agua de buena calidad	Asegura un gradiente de agua adecuado. Ósmosis favorable.
1200 < CE < 2000 mmhos/cm	Agua de calidad aceptable	Ósmosis favorable en función de las propiedades físicas de la química edáfica
2000 < CE < 2500 mmhos/cm	Agua de calidad mediocre	Ósmosis favorable en cultivos tolerantes y suelos de alta permeabilidad y con tasas de irrigación elevadas.
2500 < CE < 3000 mmhos/cm	Agua de mala calidad	El gradiente de agua y, por lo tanto, la ósmosis, están gravemente comprometidos con estos valores de CE.
CE > 3000 mmhos/cm	Agua de muy mala calidad	Riesgo de desequilibrios nutricionales que pueden producir una disminución de la producción y de la calidad de las propiedades físico-químicas del perfil del suelo.

1.2. Capacidad tamponadora

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Ca + Mg > 5 mEq/l	Agua con una importante capacidad tamponadora	Riesgo de incrustación en el sistema hidráulico por precipitaciones calcáreas.
2 < Ca + Mg < 5 mEq/l		
Ca + Mg < 2 mEq/l	Agua sin capacidad tamponadora	

10

1.3. pH

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
6,5 < pH < 7,5	Agua neutra	
pH > 7,5 y (Ca + Mg) > 5 mEq/l	Agua alcalina y agentes alcalinos	Gran capacidad tamponadora. Riesgo de incrustación de las precipitaciones. Riesgo de que algunos elementos adopten formas químicas que no se asimilan fácilmente (fosfato, Fe, Ca, Mg,...)
pH > 7,5 y (Ca + Mg) < 5 mEq/l		Baja capacidad tamponadora.
5,5 < pH < 6,5	Agua ácida	Sin capacidad tamponadora. Riesgo de toxicidad por Al. Riego de péptido de tránsito al cloroplasto de suelos mediante ion H+ En suelos calcáreos, contribuirá a un aumento de la concentración del ion Ca+2

(continuación)

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
pH < 5,5	Aguas muy ácidas	Riesgo de fitotoxicidad por metales (Al, Mn,...) que son muy solubles en este intervalo del pH. Agua no recomendada para tratamientos foliares.

1.4. Iones

5

1.4.1. Sulfato

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
SO ₄ -2 < 1 mEq/l	Baja concentración de sulfatos	Riesgo de deficiencia de azufre en la planta.
SO ₄ -2 > 6 mEq/l	Agua con exceso de sulfatos	Riesgo de corrosión de elementos metálicos del sistema hidráulico. Agua no recomendada para tratamientos foliares.
O ₄ -2 > 6 mEq/l y Ca+2 > 5 mEq/l		Riesgo de precipitación de yeso en el sistema.

1.4.2. Nitrato

10

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
NO ₃ - > 2 mEq/l	Agua no potable	Riesgo de alteración de la calidad final de los frutos.
		Riesgo de proliferación de algas y otros microorganismos en aguas estancadas.

1.4.3. Cloruro

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Cl- < 1 mEq/l	Agua con un contenido de cloruro muy bajo	Permite aportar K en la solución de fertilizantes en forma de ClK.
1 < Cl- < 2 mEq/l	Agua con un contenido de cloruro bajo	
Cl- > 4 mEq/l	Agua con un contenido de cloruro alto	Riesgo de fitotoxicidad por Cl.
Cl- > 10 mEq/l	Agua con exceso aparente de cloruro	Su uso produciría fitotoxicidad por Cl excepto en cultivos tolerantes.

1.4.4. Calcio

15

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Ca+2 < 1,5 mEq/l	Agua con concentración insuficiente	En suelos sin tiempo, la disponibilidad de este nutriente estaría comprometida

1.4.5. Magnesio

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Mg+2 < 1 mEq/l	Agua con concentración insuficiente	En suelos con una concentración baja de Mg, la disponibilidad de este nutriente estaría comprometida.

20

1.4.6. Sodio

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Na+ < 2,5 mEq/l	Agua con un contenido de sodio bajo	
Na+ > 3 mEq/l	Agua con un contenido de sodio alto	
Na+ > 5 mEq/l	Agua con un contenido de sodio muy alto	Riesgo de fitotoxicidad por Na. Oposición con K

1.4.7. Potasio

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
K+ < 0,5 mEq/l	Agua con un contenido alto de potasio	Probablemente agua de origen residual

5

1.4.8. Boro

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
B > 0,3 ppm		Riesgo de fitotoxicidad por B
B > 0,8 ppm		Fitotoxicidad por B

1.4.9. Hierro

10

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Fe > 0,3 ppm		Riesgo en atmósfera alcalina y oxidante de precipitación de oxihidróxidos de hierro. Obstrucción de emisores.

1.4.10. Manganeso

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Mn > 0,3 ppm		Riesgo en atmósfera alcalina y oxidante de precipitación de oxihidróxidos de Mn. Obstrucción de emisores.
Mn > 0,8 ppm		Oposición con otros nutrientes. Deficiencias inducidas.

15 1.5. Relaciones entre iones

1.5.1. Relación entre Ca/Mg

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Ca/Mg = 3-6 (mEq/l)	óptimo	
Ca/Mg = 3 (mEq/l)		Baja proporción relativa de Ca con respecto a Mg. Deficiencia inducida de Ca.
Ca/Mg > 6 (mEq/l)	Baja proporción relativa de Mg con respecto a Ca	Deficiencia inducida de Mg, acentuada en suelos calcáreos y SF ácida.

20 1.5.2. Relación entre Ca/Na

Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones
Ca/Na < 1 (mEq/l)		Riesgo elevado de adsorción de Na por el complejo de intercambio que se agravará a mayores profundidades del perfil del suelo.
		Riesgo de péptido de tránsito al cloroplasto del suelo con una pérdida correspondiente de permeabilidad

VALORES DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS FOLIAR DEL MELOCOTONERO-NECTARINO ADULTO (> 3^{er} verde)

	N (%)	P (%)	S (%)	Cl (ppm)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	K (%)	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Comienzo del brote	4,5-5,2	0,25-0,5	>0,1	<1500	>0,5	0,3-0,5	<300	1,8-2,8	30-70	80-120	30-70	>10	>25
Endurecimiento de la piel	3,2-4,2	0,3-0,5	>0,1	<1500	>1	0,3-0,5	<300	1,8-2,8	30-70	80-120	30-70	>12	>25
Desarrollo del fruto	3,0-3,8	0,25-0,45	>0,1	<1500	>1,4	0,3-0,5	<300	2,2-3	40-80	80-130	30-70	>15	>25
Maduración	2,8-3,4	0,3-0,45	>0,1	<1500	>1,8	0,3-0,5	<300	2,2-3	40-80	80-140	30-70	>15	>25
105 días (F2). Postrecolección-julio	2,5-3,4	0,25-0,4	>0,1	<1500	>2,0	0,3-0,5	<300	2,2-3	40-80	80-140	30-70	>15	>25
Fin de ciclo (septiembre)	2,5-3,2	0,2-0,4	>0,1	<1500	>2,4	0,3-0,5	<400	2,2-3	50-80	80-140	30-70	>15	>25

VALORES DE REFERENCIA PARA EL ANÁLISIS FOLIAR DEL MELOCOTONERO-NECTARINO JOVEN (1^{er}- 2^o verde)

	N (%)	P (%)	S (%)	Cl (ppm)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	K (%)	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Comienzo del brote	4,6-5,5	0,35-0,5	>0,1	<1500	>0,5	0,3-0,5	<200	1,4-2,5	40-80	>80	30-70	>10	>25
Maduración vegetativa	4,0-5,0	0,3-0,5		<1500	>1,3	0,3-0,5	<200	1,6-2,5	40-80	>80	30-70	>10	>25
105 días (F2). Posrecolección-julio	3,8-4,8	0,3-0,5	>0,1	<1500	>1,6	0,3-0,5	<200	1,8-3	40-80	>80	30-70	>10	>25

INTERPRETACIÓN

VALORES EXCESIVOS 30 % POR ENCIMA DEL NIVEL SUPERIOR
VALORES ALTOS $Ns < X < 1,3 Ni$
VALORES ÓPTIMOS $Ns < X < Ni$
VALORES BAJOS $Ni < X < 1,3 Ni$
VALORES MUY BAJOS $X < Ni$

INECUACIONES DE SOLUCIÓN EDÁFICA

5

1. Auditoría de la solución de fertilizantes

Solución de fertilizantes prevista Solución de fertilizantes real

	mEq/l	mEq/l	Interpretación	Diagnóstico	Observaciones
N	x	y	$y/x < > 40 \%$ $y/x < = 40 \%$	RLE incorrecto RLE válido	Si la desviación es proporcional en todos los elementos corregir modificando de la solución.
P	x	y	$y/x < > 40 \%$ $y/x < = 40 \%$	RLE incorrecto RLE válido	Si la desviación es proporcional en todos los elementos corregir modificando de la solución.
K	x	y	$y/x < > 40 \%$ $y/x < = 40 \%$	RLE incorrecto RLE válido	Si la desviación es proporcional en todos los elementos corregir modificando de la solución.
Ca	x	y	$y/x < > 40 \%$ $y/x < = 40 \%$	RLE incorrecto RLE válido	Si la desviación es proporcional en todos los elementos corregir modificando de la solución.
Mg	x	y	$y/x < > 40 \%$ $y/x < = 40 \%$	RLE incorrecto RLE válido	Si la desviación es proporcional en todos los elementos corregir modificando de la solución.

10 **DESEQUILIBRIOS EN LA SOLUCIÓN EDÁFICA**

2. Interpretación de los datos del análisis de solución edáfica

2.1. Fosfato

15

H2PO4- = f ciclo x f ss20.40 x f ss60 x f relaciones iónicas x f historiales

f ciclo

	Fruto adulto P (mEq/l)	Fruto joven P (mEq/l)
Comienzo del brote	0,8	0,8
Endurecimiento de la piel	0,8	0,8
Desarrollo del fruto	0,6	0,6
Recolección	0,3	0,5
Posrecolección	0,3	0,5

20

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
$[H_2PO_4^-]_{20,40} > [H_2PO_4^-]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	0,6
$[H_2PO_4^-]_{20,40} = [H_2PO_4^-]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		1,0
$[H_2PO_4^-]_{20,40} <$	< 20 %	Alta demanda del		1,2

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
[H2PO4-]RLE	> 20 %	elemento Demanda media del elemento		1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
[H2PO4-]60 > [H2PO4-]RLE	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	06
[H2PO4-]60 = [H2PO4-]RLE		Poca o nula demanda del elemento		10
[H2PO4-]60 < [H2PO4-]RLE	< 20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento		1,3 1,1

f relaciones iónicas = 1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - ([H2PO4-]20, fecha n / [H2PO4-]20, fecha n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - ([H2PO4-]20, fecha n / [H2PO4-]20, fecha n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
$\{1 - ([H2PO4-]20, fecha n / [H2PO4-]20, fecha n-1)\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([H2PO4-]40, fecha n / [H2PO4-]40, fecha n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - ([H2PO4-]40, fecha n / [H2PO4-]40, fecha n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
$\{1 - ([H2PO4-]40, fecha n / [H2PO4-]40, fecha n-1)\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([H2PO4-]60, fecha n / [H2PO4-]60, fecha n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		1,0
$\{1 - ([H2PO4-]60, fecha n / [H2PO4-]60, fecha n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,2
$\{1 - ([H2PO4-]60, fecha n / [H2PO4-]60, fecha n-1)\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		0,8

5

Límite superior < 1,25 mEq/l

Límite inferior > 0,2 mEq/l

10 2.2. Cloruro

Cl- = f ciclo x f ss20.40 x f ss60 x f relaciones iónicas x f historiales

f ciclo = Valor correspondiente al RLE

15

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
--	--------------------------	-------------	---------------	-----------

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
[Cl-]20,40 > [Cl-]RLE	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	
[Cl-]20,40 = [Cl-]RLE		Poca o nula demanda del elemento	Coeficiente de riego correcto	
[Cl-]20,40 < [Cl-]RLE	< 20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento	Coeficiente de riego correcto Posibilidad de fitotoxicidad por cloruros	

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
[Cl-]60 > [Cl-]RLE	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	
[Cl-]60 = [Cl-]RLE		Poca o nula demanda del elemento	Coeficiente de riego correcto	
[Cl-]60 < [Cl-]RLE	< 20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento	Coeficiente de riego correcto Posibilidad de fitotoxicidad por cloruros	

f relaciones iónicas = 1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
{1-([H2PO4-]20,fecha n / [H2PO4-]20,fecha n-1)) × 100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
{1-([H2PO4-]20,fecha n / [H2PO4-]20,fecha n-1)) × 100	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
{1-([H2PO4-]20,fecha n / [H2PO4-]20,fecha n-1)) × 100	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
{1-([H2PO4-]40,fecha n / [H2PO4-]40,fecha n-1)) × 100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
{1-([H2PO4-]40,fecha n / [H2PO4-]40,fecha n-1)) × 100	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		

5

(continuación)

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
{1-([H2PO4-]40,fecha n / [H2PO4-]40,fecha n-1)) × 100	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
{1-([H2PO4-]60,fecha n / [H2PO4-]60,fecha n-1)) × 100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		

	Interpretación/ Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - ([\text{H}_2\text{PO}_4]_{60}, \text{fecha } n / [\text{H}_2\text{PO}_4]_{60}, \text{fecha } n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
$\{1 - ([\text{H}_2\text{PO}_4]_{60}, \text{fecha } n / [\text{H}_2\text{PO}_4]_{60}, \text{fecha } n-1)\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
Límite superior < 4,0 mEq/l				
Uso de agua $100 - \{[(\text{mEq/l Cl})_{5\text{Fa}} / (\text{mEq/l Cl})_{60}] \times 100\} \%$				

Este valor servirá para corregir el coeficiente de riego total en la fórmula para la distribución del riego.

2.3. Sulfato

5

De este nutriente solo queremos asegurarnos de que está presente y disponible en el perfil

$$(\text{SO}_4)_2 = f \text{ ciclo} \times f \text{ ss}_{20,40} \times f \text{ ss}_{60} \times f \text{ relaciones iónicas} \times f \text{ historiales}$$

10

f ciclo = Valor correspondiente al RLE

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss _{20,40}
$[(\text{SO}_4)_2]_{20,40} > [(\text{SO}_4)_2]_{\text{RLE}}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	
$[(\text{SO}_4)_2]_{20,40} = [(\text{SO}_4)_2]_{\text{RLE}}$		Poca o nula demanda del elemento		
$[(\text{SO}_4)_2]_{20,40} < [(\text{SO}_4)_2]_{\text{RLE}}$	20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento		

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss ₆₀
$[(\text{SO}_4)_2]_{60} > [(\text{SO}_4)_2]_{\text{RLE}}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	
$[(\text{SO}_4)_2]_{60} = [(\text{SO}_4)_2]_{\text{RLE}}$		Poca o nula demanda del elemento		
$[(\text{SO}_4)_2]_{60} < [(\text{SO}_4)_2]_{\text{RLE}}$	< 20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento		

f relaciones iónicas = 1,0

15

	Interpretación/ Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - [(\text{SO}_4)_2]_{20}, \text{fecha } n / [(\text{SO}_4)_2]_{20}, \text{fecha } n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - [(\text{SO}_4)_2]_{20}, \text{fecha } n / [(\text{SO}_4)_2]_{20}, \text{fecha } n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{20, fecha n}}{[(SO4)2-]_{20, fecha n-1}}\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{40, fecha n}}{[(SO4)2-]_{40, fecha n-1}}\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{40, fecha n}}{[(SO4)2-]_{40, fecha n-1}}\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{40, fecha n}}{[(SO4)2-]_{40, fecha n-1}}\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{60, fecha n}}{[(SO4)2-]_{60, fecha n-1}}\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{60, fecha n}}{[(SO4)2-]_{60, fecha n-1}}\} \times 100$	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
$\{1 - \frac{[(SO4)2-]_{60, fecha n}}{[(SO4)2-]_{60, fecha n-1}}\} \times 100$	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
Límite superior < 1,25 mEq/l Límite inferior > 0,2 mEq/l				

2.4. Nitrato

NO3- = f ciclo x f ss20.40 x f ss60 x f relaciones iónicas x f historiales

5

	f ciclo	
	Fruto adulto N (mEq/l)	Fruto joven N (mEq/l)
Comienzo del brote	7	8
Endurecimiento de la piel	5	8
Desarrollo del fruto	2	7
Recolección	1	5
Posrecolección	1	5

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
$[NO3-]_{20,40} > [NO3-]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	
$[NO3-]_{20,40} = [NO3-]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		
$[NO3-]_{20,40} < [NO3-]_{RLE}$	< 20 %	Alta demanda del elemento.		
	> 20 %	Demanda media del elemento		

10

(continuación)

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
$[NO3-]_{60} > [NO3-]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	0,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
[NO3-]60 = [NO3-]RLE		Poca o nula demanda del elemento		1,0
[NO3-]60 < [NO3-]RLE	< 20 %	Alta demanda del elemento.		1,5
	> 20 %	Demanda media del elemento		1,2

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
[NO3-]20 / [Cl-]20	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de cloruros	Aumentar [NO3-] hasta [NO3-] / [Cl-] > 1	1,6
[NO3-]40 / [Cl-]40	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de cloruros	Aumentar [NO3-] hasta [NO3-] / [Cl-] > 1	1,6
[NO3-]60 / [Cl-]60	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de cloruros	Aumentar [NO3-] hasta [NO3-] / [Cl-] > 1	1,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
{1-([NO3-]20,fecha n / [NO3-]20,fecha n-1)) ×100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
{1-([NO3-]40,fecha n / [NO3-]40,fecha n-1)) ×100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
{1-([NO3-]60,fecha n / [NO3-]60,fecha n-1)) ×100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		1,0
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,2
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		0,8
Límite superior < 1,25 mEq/l Límite inferior > 0,2 mEq/l				

2.5. Amonio Apéndice A

5

$$NH4+ = f \text{ ciclo} \times f \text{ ss20.40} \times f \text{ ss60} \times f \text{ relaciones iónicas} \times f \text{ historiales}$$

f ciclo = Valor correspondiente al RLE

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
[NH4+]20,40 >	Reconcentración de	Posible intrusión salina.	Aumentar el coeficiente	

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
[NH4+]RLE	elemento en perfil	Posible perfil con atmósfera reductora asfixia radicular Perfil con una textura muy gruesa: sin tiempo para la nitrificación	de riego Promover condiciones oxidantes. Proceder a regar por pulsos.	
[NH4+]20,40	> 0,10 mEq/l < 0,10 mEq/l	Posible perfil con atmósfera reductora asfixia radicular Perfil con una textura muy gruesa: sin tiempo para la nitrificación Condiciones suficientemente oxidantes. Nitrificación adecuada.	Promover condiciones oxidantes. Proceder a regar por pulsos.	
	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
[NH4+]60	> 0,10 mEq/l	Posible perfil con atmósfera reductora: asfixia radicular Perfil con una textura muy gruesa: sin tiempo para la nitrificación	Promover condiciones oxidantes. Proceder a regar por pulsos.	06
	< 0,10 mEq/l	Condiciones suficientemente oxidantes. Nitrificación adecuada.		

f relaciones iónicas = 1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - ([NH4+]20, fecha n / [NH4+]20, fecha n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - ([NH4+]20, fecha n / [NH4+]20, fecha n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
$\{1 - ([NH4+]40, fecha n / [NH4+]40, fecha n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([NH4+]40, fecha n / [NH4+]40, fecha n-1)\} \times 100$	< 0 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
$\{1 - ([NH4+]60, fecha n / [NH4+]60, fecha n-1)\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,0
$\{1 - ([NH4+]60, fecha n / [NH4+]60, fecha n-1)\} \times 100$	> 20 %	Demanda inferior al periodo previo.		1,2
$\{1 - ([NH4+]60, fecha n / [NH4+]60, fecha n-1)\} \times 100$	< 0 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		0,8
Límite superior < 1,25 mEq/l		Demanda superior al periodo previo.		
		Demanda inferior al periodo previo.		

5 2.6. Calcio

$$Ca_{2+} = f \text{ ciclo} \times f \text{ ss20.40} \times f \text{ ss60} \times f \text{ relaciones iónicas} \times f \text{ historiales}$$

ES 2 624 985 T3

f ciclo = Valor correspondiente al RLE

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
[Ca ²⁺] _{20,40} > [Ca ²⁺] _{RLE}	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	1,0
[Ca ²⁺] _{20,40} = [Ca ²⁺] _{RLE}		Poca o nula demanda del elemento		1,0
[Ca ²⁺] _{20,40} < [Ca ²⁺] _{RLE}	< 20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento		1,0 1,0
	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
[Ca ²⁺] ₆₀ > [Ca ²⁺] _{RLE}	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	0,6
[Ca ²⁺] ₆₀ = [Ca ²⁺] _{RLE}		Poca o nula demanda del elemento		1,0
[Ca ²⁺] ₆₀ < [Ca ²⁺] _{RLE}	< 20 % > 20 %	Alta demanda del elemento. Demanda media del elemento		1,3 1,1

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
[Ca ²⁺] ₂₀ / [Na ⁺] ₂₀	> 1 < 1	Relación correcta Exceso de sodio	Aumentar [Ca ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Na ⁺] > 1	1,0 1,6
[Ca ²⁺] ₄₀ / [Na ⁺] ₄₀	> 1 < 1	Relación correcta Exceso de sodio	Aumentar [Ca ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Na ⁺] > 1	1,0 1,6
[Ca ²⁺] ₆₀ / [Na ⁺] ₆₀	> 1 < 1	Relación correcta Exceso de sodio	Aumentar [Ca ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Na ⁺] > 1	1,0 1,6

5

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
[Ca ²⁺] ₂₀ / [Mg ²⁺] ₂₀	3 < Ca/Mg < 6 Ca/Mg < 3 Ca/Mg > 6	Relación correcta Exceso de magnesio Exceso de calcio	Aumentar [Ca ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Mg ²⁺] > 3 Aumentar [Mg ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Mg ²⁺] < 4	1,0 1,6

(continuación)

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
[Ca ²⁺] ₄₀ /	3 < Ca/Mg < 6	Relación		1,0

[Mg ²⁺] ₄₀	Ca/Mg < 3 Ca/Mg > 6	correcta Exceso de magnesio Exceso de calcio	Aumentar [Ca ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Mg ²⁺] > 3 Aumentar [Mg ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Mg ²⁺] < 4	1,6
[Ca ²⁺] ₆₀ / [Mg ²⁺] ₆₀	3 < Ca/Mg < 6 Ca/Mg < 3 Ca/Mg > 6	Relación correcta Exceso de magnesio Exceso de calcio	Aumentar [Ca ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Mg ²⁺] > 3 Aumentar [Mg ²⁺] hasta [Ca ²⁺] / [Mg ²⁺] < 4	1,0 1,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
{1 - ([Ca ²⁺] ₂₀ , fecha n / [Ca ²⁺] ₂₀ , fecha n-1)} × 100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
{1 - ([Ca ²⁺] ₄₀ , fecha n / [Ca ²⁺] ₄₀ , fecha n-1)} × 100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
{1 - ([Ca ²⁺] ₆₀ , fecha n / [Ca ²⁺] ₆₀ , fecha n-1)} × 100	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		1,0
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,2
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		0,8
Límite superior < 2 mEq/l Límite inferior > 0,8 mEq/l				

2.7. Magnesio

5

$$Mg^{2+} = f_{\text{ciclo}} \times f_{\text{ss20.40}} \times f_{\text{ss60}} \times f_{\text{relaciones iónicas}} \times f_{\text{historiales}}$$

f ciclo = Valor correspondiente al RLE

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
[Mg ²⁺] _{20.40} > [Mg ²⁺] _{RLE}	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	1,0
[Mg ²⁺] _{20.40} = [Mg ²⁺] _{RLE}		Poca o nula demanda del elemento		1,0
[Mg ²⁺] _{20.40} < [Mg ²⁺] _{RLE}	< 20 %	Alta demanda del elemento.		1,0
	> 20 %	Demanda media del elemento		1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
$[Mg^{2+}]_{60} > [Mg^{2+}]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumento del coeficiente de riego	0,6
$(Mg^{2+})_{60} = [Mg^{2+}]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		1,0
$[Mg^{2+}]_{60} < [Mg^{2+}]_{RLE}$	< 20 %	Alta demanda del elemento.		1,3
	> 20 %	Demanda media del elemento		1,1

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
$[Ca^{2+}]_{20} / [Mg^{2+}]_{20}$	$3 < Ca/Mg < 6$	Relación correcta		1,0
	$Ca/Mg < 3$	Exceso de magnesio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] > 3$	1,6
	$Ca/Mg > 6$	Exceso de calcio	Aumentar $[Mg^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] < 4$	
$[Ca^{2+}]_{40} / [Mg^{2+}]_{40}$	$3 < Ca/Mg < 6$	Relación correcta		10
	$Ca/Mg < 3$	Exceso de magnesio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] > 3$	1,6
	$Ca/Mg > 6$	Exceso de calcio	Aumentar $[Mg^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] < 4$	
$[Ca^{2+}]_{60} / [Mg^{2+}]_{60}$	$3 < Ca/Mg < 6$	Relación correcta		1,0
	$Ca/Mg < 3$	Exceso de magnesio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] > 3$	1,6
	$Ca/Mg > 6$	Exceso de calcio	Aumentar $[Mg^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] < 4$	

(continuación)

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$(1 - ([Mg^{2+}]_{20, fecha n} / [Mg^{2+}]_{20, fecha n-1})) \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$(1 - ([Mg^{2+}]_{40, fecha n} / [Mg^{2+}]_{40, fecha n-1})) \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$(1 - ([Mg^{2+}]_{60, fecha n} / [Mg^{2+}]_{60, fecha n-1})) \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		1,0
	0 - 20 % > 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,2
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		0,8
Límite superior < 2 mEq/l Límite inferior > 0,8 mEq/l				

2.8. Sodio

5

$$Ca^{2+} = f \text{ ciclo} \times f \text{ ss}_{20,40} \times f \text{ ss}_{60} \times f \text{ relaciones iónicas} \times f \text{ historiales}$$

f ciclo = Valor correspondiente al RLE

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss _{20,40}
$[Co^{2+}]_{20,40} > [Ca^{2+}]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumento del coeficiente de riego	1,0
$[Ca^{2+}]_{20,40} = [Ca^{2+}]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		1,0
$[Ca^{2+}]_{20,40} < [Co^{2+}]_{RLE}$	< 20 %	Alta demanda del elemento.		1,0
	> 20 %	Demanda media del elemento		1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss ₆₀
$[Ca^{2+}]_{60} > [Ca^{2+}]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina.	Aumento del coeficiente de riego	
		Poca o nula demanda del elemento		0,6
$[Ca^{2+}]_{60} = [Ca^{2+}]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		1,0
$[Ca^{2+}]_{60} < [Ca^{2+}]_{RLE}$	< 20 %	Alta demanda del elemento.		1,3
	> 20 %	Demanda media del elemento		1,1

10

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
$[Ca^{2+}]_{20} / [Na^{+}]_{20}$	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de sodio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Na^{+}] > 1$	1,6
$[Ca^{2+}]_{40} / [Na^{+}]_{40}$	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta	1,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
		sodio	$[Ca^{2+}] / [Na^{+}] > 1$	
$[Ca^{2+}]_{60} / [Na^{+}]_{60}$	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de sodio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Na^{+}] > 1$	1,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
$[Ca^{2+}]_{20} / [Mg^{2+}]_{20}$	$3 < Ca/Mg < 6$	Relación correcta		1,0
	$Ca/Mg < 3$	Exceso de magnesio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] > 3$	1,6
	$Ca/Mg > 6$	Exceso de calcio	Aumentar $[Mg^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] < 4$	
$[Ca^{2+}]_{40} / [Mg^{2+}]_{40}$	$3 < Ca/Mg < 6$	Relación correcta		1,0
	$Ca/Mg < 3$	Exceso de magnesio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] > 3$	1,6
	$Ca/Mg > 6$	Exceso de calcio	Aumentar $[Mg^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] < 4$	
$[Ca^{2+}]_{60} / [Mg^{2+}]_{60}$	$3 < Ca/Mg < 6$	Relación correcta		1,0
	$Ca/Mg < 3$	Exceso de magnesio	Aumentar $[Ca^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] > 3$	1,6
	$Ca/Mg > 6$	Exceso de calcio	Aumentar $[Mg^{2+}]$ hasta $[Ca^{2+}] / [Mg^{2+}] < 4$	

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - ([Ca^{2+}]_{20, fecha n} / [Ca^{2+}]_{20, fecha n-1}) \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([Co^{2+}]_{40, fecha n} / [Co^{2+}]_{40, fecha n-1}) \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([Co^{2+}]_{60, fecha n} / [Ca^{2+}]_{60, fecha n-1}) \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		1,0
	< 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,2
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		0,8
Límite superior < 2 mEq/l				
Límite inferior > 0,8 mEq/l				

2.9. Potasio

$$K+ = f \text{ ciclo} \times f \text{ ss20.40} \times f \text{ ss60} \times f \text{ relaciones iónicas} \times f \text{ historiales}$$

5 f ciclo

	Fruto adulto K (mEq/l)	Fruto joven K (mEq/l)
Comienzo del brote	1,8	0,5
Endurecimiento de la piel	2,0	0,5
Desarrollo del fruto	2,4	0,6
Recolección	2,0	0,6
Posrecolección	20	0,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss20,40
$[K+]_{20,40} > [K+]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	
$[K+]_{20,40} = [K+]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		
$[K+]_{20,40} < [K+]_{RLE}$	< 20 %	Alta demanda del elemento.		
	> 20 %	Demanda media del elemento		

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f ss60
$[K+]_{60} > [K+]_{RLE}$	Reconcentración de elemento en perfil	Posible intrusión salina. Poca o nula demanda del elemento	Aumentar el coeficiente de riego	0,6
$[K+]_{60} = [K+]_{RLE}$		Poca o nula demanda del elemento		1,0
$[K+]_{60} < [K+]_{RLE}$	< 20 %	Alta demanda del elemento.		1,5
	> 20 %	Demanda media del elemento		1,2

10

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
$[K+]_{20} / [Na+]_{20}$	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de cloruros	Aumentar $[NO_3^-]$ hasta $[NO_3^-] / [Cl^-] > 1$	1,6
$[K+]_{40} / [Na+]_{40}$	> 1	Relación correcta		1,0
	< 1	Exceso de cloruros	Aumentar $[NO_3^-]$ hasta $[NO_3^-] / [Cl^-] > 1$	1,6
$[K+]_{60} / [Na+]_{60}$	> 1	Relación correcta		1,0

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f relaciones iónicas
	< 1	Exceso de cloruros	Aumentar [NO3-] hasta [NO3-] / [Cl-] > 1	1,6

	Interpretación/Intervalo	Diagnóstico	Observaciones	f historial
$\{1 - ([K+]_{20, fecha n} / [K+]_{20, fecha n-1})\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([K+]_{40, fecha n} / [K+]_{40, fecha n-1})\} \times 200$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		
$\{1 - ([K+]_{60, fecha n} / [K+]_{60, fecha n-1})\} \times 100$	0 - 20 %	Demanda virtualmente sin modificar desde el periodo previo.		1,0
	> 20 %	Demanda superior al periodo previo.		1,2
	< 0 %	Demanda inferior al periodo previo.		0,8

DISTRIBUCIÓN DEL RIEGO PARA EL MELOCOTONERO-NECTARINO PARA INICIAR A PARTIR DEL 3^{er} VERDE SEGÚN EL CICLO FENOLOGICO

5

I Comienzo del brote-formación de fruto

Provisión de riego (m3/ha)

10

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

Coefficiente de cultivo Kc = 0,5

Factores de corrección:

15

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	< 15	cb	f(Ts)=	0,7
T30cm	15-20	cb	f(Ts)=	1

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

C Basados en la actividad

C Basados en la actividad

Cultivo joven	1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
	2 ^o verde	f(oc)=	0,7
	3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto		f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

5 $f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 2,5$

II Endurecimiento de la piel

Provisión de riego (m3/ha)

10 $Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$

Coefficiente de cultivo Kc = 0,6

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	< 10	cb	f(Ts)=	0,7
T30cm	12 - 20	cb	f(Ts)=	1
T60cm	< 1,8	T30cm	f(Ts)=	1
T60cm	> 1;8	T30cm	f(Ts)=	1,3

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

C Basados en la actividad

Cultivo joven	1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
	2 ^o verde	f(oc)=	0,7
	3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto		f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

20 Limitación

ES 2 624 985 T3

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 2,0$$

$$\text{Si } (NH_4^+)_{60cm} > 0,03 \text{ mEq/l}$$

5

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.5$$

III Desarrollo del fruto

Provisión de riego (m3/ha)

10

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

Coefficiente de cultivo Kc = 0,8

15

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	10-18	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 10	cb	f(Ts)=	0,8
T60cm	> 1.8	T30cm	f(Ts)=	1,3

(continuación)

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

C Basados en la actividad

Cultivo joven	1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
	2 ^o verde	f(oc)=	0,7
	3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto		f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

25

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.9$$

$$\text{Si } (NH_4^+)_{60cm} > 0,04 \text{ mEq/l}$$

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.5$$

30

IV Maduración del fruto-recolección

Provisión de riego (m3/ha)

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

35

Coefficiente de cultivo Kc = 0,7

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	10 - 18	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 10	cb	f(Ts)=	0,8
T60cm	> 1,8	T30cm	f(Ts)=	1,3

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

5

(continuación)

C Basados en la actividad

Cultivo joven	1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
	2 ^o verde	f(oc)=	0,7
	3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto		f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

10

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.3$$

V Posrecolección I - hasta 10 días después de la recolección

Provisión de riego (m3/ha)

15

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

Coeficiente de cultivo Kc = 0,5

20

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	20 - 30	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 15	cb	f(Ts)=	0,7
T60cm	> 2	T30cm	f(Ts)=	1,1

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión				
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2
C Basados en la actividad				
Cultivo joven		1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
		2 ^o verde	f(oc)=	0,7
		3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto			f(oc)=	1
D Basados en la calidad del agua				
Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
E Basados en la diferencia de valores entre muestreos				
Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

5

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.2$$

VI Posrecolección II - de 10 a 25 días después de la recolección

10 **Provisión de riego (m3/ha)**

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

Coefficiente de cultivo Kc = 0,4

15

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión				
T30cm	20-30	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 15	cb	f(Ts)=	0,7
T60cm	> 2	T30cm	f(Ts)=	1,1
B Basados en el coeficiente de agua				
Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2
C Basados en la actividad				
Cultivo joven		1er verde	f(oc)=	0,4
		2o verde	f(oc)=	0,7
		3er verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto			f(oc)=	1
D Basados en la calidad del agua				
Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
E Basados en la diferencia de valores entre muestreos				
Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

20

Limitación

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.2$$

5 **VII Final de ciclo**

Provisión de riego (m3/ha)

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

10

Coefficiente de cultivo Kc = 0,3

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	30-50	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 25	cb	f(Ts)=	0,7

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

C Basados en la actividad

Cultivo joven	1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
	2 ^o verde	f(oc)=	0,7
	3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto		f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

20

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1$$

DISTRIBUCIÓN DEL RIEGO PARA EL MELOCOTONERO-NECTARINO PARA INICIAR A PARTIR DEL 1er-2o VERDE SEGÚN EL CICLO FENOLOGICO

25 **I Comienzo del brote-formación de fruto**

Provisión de riego (m3/ha)

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

30

Coefficiente de cultivo Kc = 0,5

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	< 15	cb	f(Ts)=	0,7
-------	------	----	--------	-----

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión				
T30cm	15-20	cb	f(Ts)=	1
B Basados en el coeficiente de agua				
Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2
C Basados en la actividad				
Cultivo joven		1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
		2 ^o verde	f(oc)=	0,7
		3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto			f(oc)=	1
D Basados en la calidad del agua				
Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
E Basados en la diferencia de valores entre muestreos				
Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

5

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 2,5$$

II Endurecimiento de la piel

Provisión de riego (m3/ha)

10

$$D_r = E_{t0} \times 10 \times K_c \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t)$$

Coeficiente de cultivo Kc = 0,6

15

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión				
T30cm	< 10	cb	f(Ts)=	0,7
T30cm	12 - 20	cb	f(Ts)=	1
T60cm	< 1,8	T30cm	f(Ts)=	1
T60cm	> 1,8	T30cm	f(Ts)=	1,3
B Basados en el coeficiente de agua				
Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2
C Basados en la actividad				
Cultivo joven		1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4

C Basados en la actividad

		2º verde	f(oc)=	0,7
		3º verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto			f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

5 $f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 2,0$

Si (NH4+)60cm > 0,03 mEq/l

10 $f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1,5$

III Desarrollo del fruto

Provisión de riego (m3/ha)

15 $Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(tiempo)$

Coefficiente de cultivo Kc = 0,8

Factores de corrección:

20

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	10-18	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 10	cb	f(Ts)=	0,8
T60cm	> 1.8	T30cm	f(Ts)=	1,3

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

C Basados en la actividad

Cultivo joven		1º verde	f(oc)=	0,4
		2º verde	f(oc)=	0,7
		3º verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto			f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Aguas con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
--------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.9$$

Si $(NH_4^+)_{60cm} > 0,04 \text{ mEq/l}$

5

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.5$$

V Final de ciclo

10 **Provisión de riego (m3/ha)**

$$Dr = Et0 \times 10 \times Kc \times f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(tiempo)$$

15 **Coefficiente de cultivo Kc = 0,5**

Factores de corrección:

A Basados en valores proporcionados por el indicador de presión

T30cm	20 - 30	cb	f(Ts)=	1
T30cm	< 15	cb	f(Ts)=	0,7
T60cm	> 2	T30cm	f(Ts)=	1,1

(continuación)

B Basados en el coeficiente de agua

Cl-40cm	< 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1
Cl-40cm	> 1,5	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	< 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,3
Cl-40cm	> 2	Agua con Cl	f(Ch)=	1,5
Cl-60cm	> 3	Agua con Cl	f(Ch)=	1,7
CE60cm	> 4,0	mmhos/cm	f(Ch)=	2
CE60cm	> 3	CEagua	f(Ch)=	2

C Basados en la actividad

Cultivo joven	1 ^{er} verde	f(oc)=	0,4
	2 ^o verde	f(oc)=	0,7
	3 ^{er} verde	f(oc)=	1
Cultivo adulto		f(oc)=	1

D Basados en la calidad del agua

Agua con Cl	< 2,5	mEq/l	f(Cag)=	1,2
-------------	-------	-------	---------	-----

E Basados en la diferencia de valores entre muestreos

Cl-40cm muestra actual	> 1,3	Cl-40cm muestra previa	f(t)=	1,2
Cl-60cm muestra actual	> 1,3	Cl-60cm muestra previa	f(t)=	1,2

Limitación

25

$$f(Ts) \times f(Ch) \times f(oc) \times f(Cag) \times f(t) < 1.2$$

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para supervisar y controlar las condiciones del suelo, que comprende:
- 5 (i) la obtención de muestras acuosas extraídas mediante una pluralidad de sondas de succión (106) colocadas a distintas profundidades en el sustrato (103), incluyendo la rizosfera (112) de la especie vegetal (109) en dicho sustrato;
- (ii) el análisis de las muestras acuosas para determinar la composición química de las muestras acuosas del
10 sustrato, comprendiendo la composición química concentraciones de uno o más iones marcadores que están presentes en dicha rizosfera
- (iii) la determinación de la utilización de nutrientes por la especie vegetal basándose, al menos en parte, en las
15 concentraciones de dichos iones marcadores, y
- (iv) la determinación de las cantidades de aditivo que se añaden al agua de riego (115) suministrada al sustrato para
ajustar la composición química del sustrato basándose, al menos en parte, en la utilización de nutrientes
determinada de la especie vegetal.
- 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que al menos una de la pluralidad de sondas de succión se coloca en la rizosfera.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la determinación de la composición química del sustrato
comprende la determinación de la composición química de la rizosfera.
- 25 4. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende la determinación de las cantidades de una pluralidad de aditivos que se añaden al agua de riego suministrada al sustrato para ajustar la composición química del sustrato basándose, al menos en parte, en la composición química determinada y en la especie vegetal.
- 30 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el aditivo comprende agua, residuos acuosos o fertilizante.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
- 35 la obtención de una muestra de la solución de fertilizantes (SF) que se haya aplicado al sustrato y
- el análisis de la muestra de la SF para determinar la composición de la SF, en el que la cantidad de aditivo determinada se basa, al menos en parte, en la composición de la SF determinada.
- 40 7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la SF se ha aplicado al sustrato al menos un periodo de tiempo preestablecido antes de la extracción de las muestras acuosas de la pluralidad de sondas de succión.
8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la muestra de la SF se recoge a lo largo de todo el periodo de riego durante el que se aplique la SF al sustrato.
- 45 9. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende la extracción de las muestras acuosas de la pluralidad de sondas de succión.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que se genera vacío en cada una de la pluralidad de sondas de
50 succión para inducir la conducción hidráulica de las soluciones acuosas desde el sustrato hasta cada una de las sondas de succión.
11. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
- 55 la obtención de una muestra del agua de riego y
- el análisis de dicha muestra de agua de riego para determinar la composición del agua de riego, en el que la cantidad de aditivo determinada se basa, al menos en parte, en la composición del agua de riego determinada.
- 60 12. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
- la obtención de una muestra de tejido de la especie vegetal en la rizosfera y
- el análisis de dicha muestra de tejido vegetal para determinar las condiciones nutricionales de la planta.
- 65 13. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende proporcionar las cantidades de aditivo determinadas que se añaden al agua de riego para elaborar una solución de fertilizantes (SF) que se aplica en el

sustrato.

14. El procedimiento de la reivindicación 13, que además comprende:

5 el mezclado de las cantidades de aditivo determinadas con el agua de riego para elaborar una SF y la aplicación de la SF en el sustrato.

15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que la SF se aplique por medio de una línea de riego por goteo.

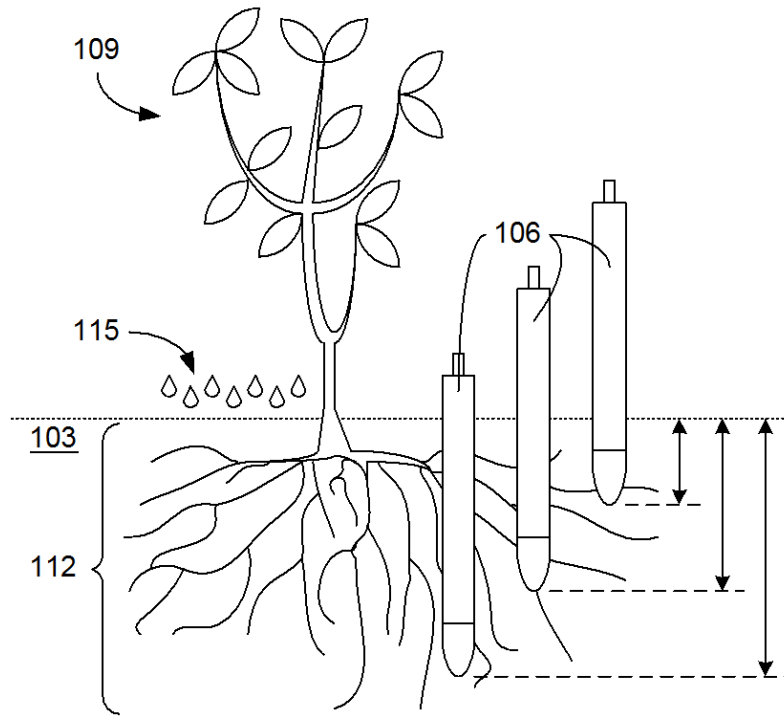


FIG. 1

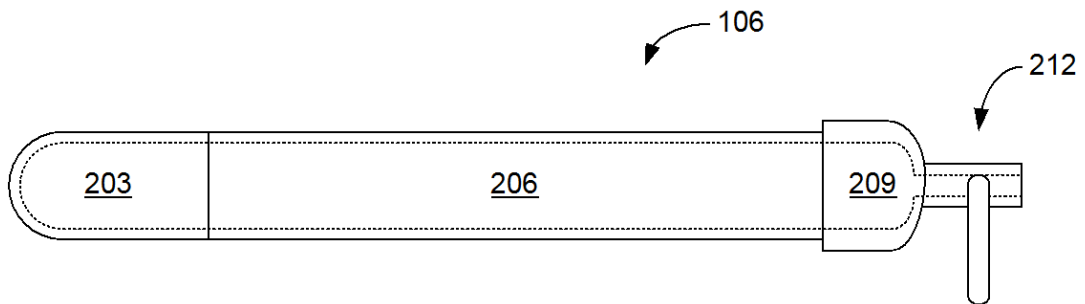


FIG. 2

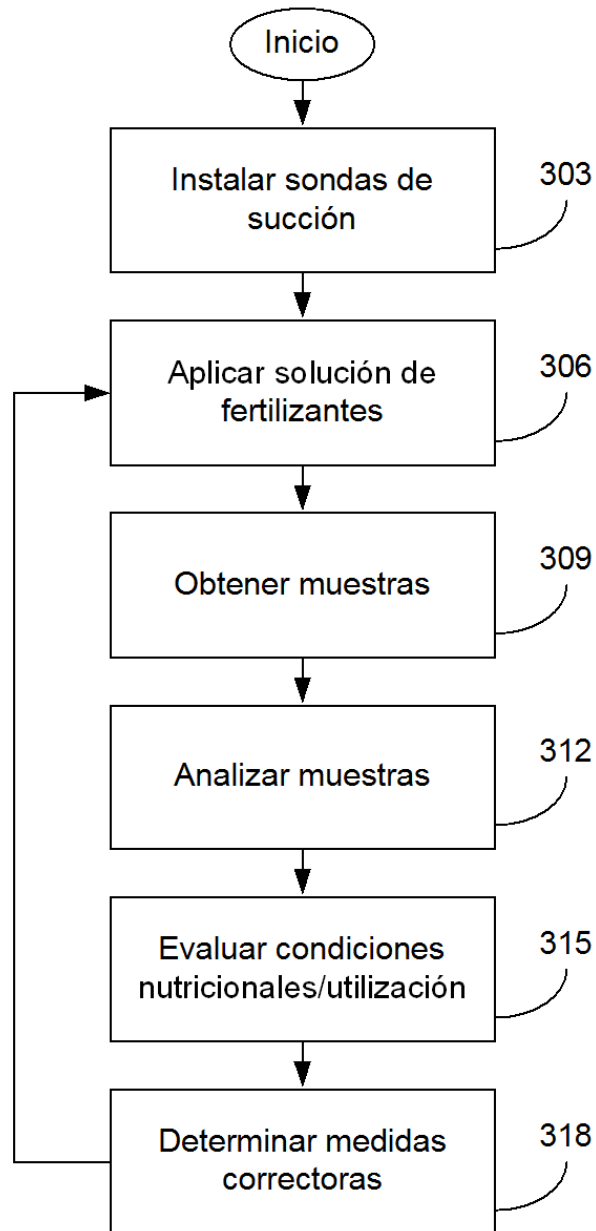


FIG. 3

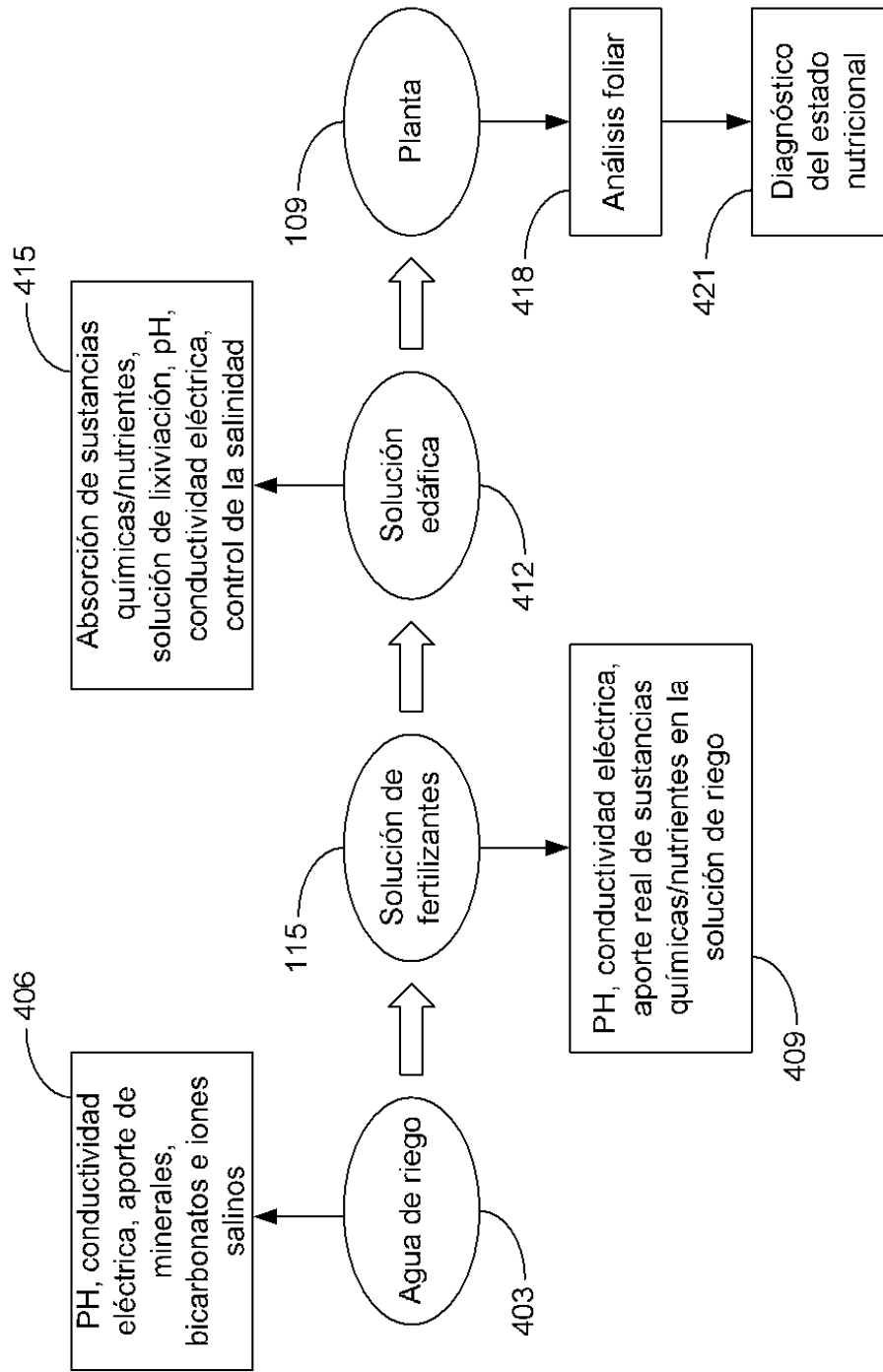


FIG. 4

		Efecto en la planta												
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Cl	Mo
Nutriente añadido	N	+		-	+		-					-		
	P		+	-	+					-	-	-	-	+
	K			+	-	-								
	Ca			-	+	-			-					
	Mg		+	-	-	+			-	-				
	S		-				+						-	-
	Fe							+	-		-			
	Mn				-			-	+	-				
	Zn		-							+				
	Cu							-	-	-	+			-
	B									-		+		
	Cl						-			+			+	
Mo										-			+	

FIG. 5

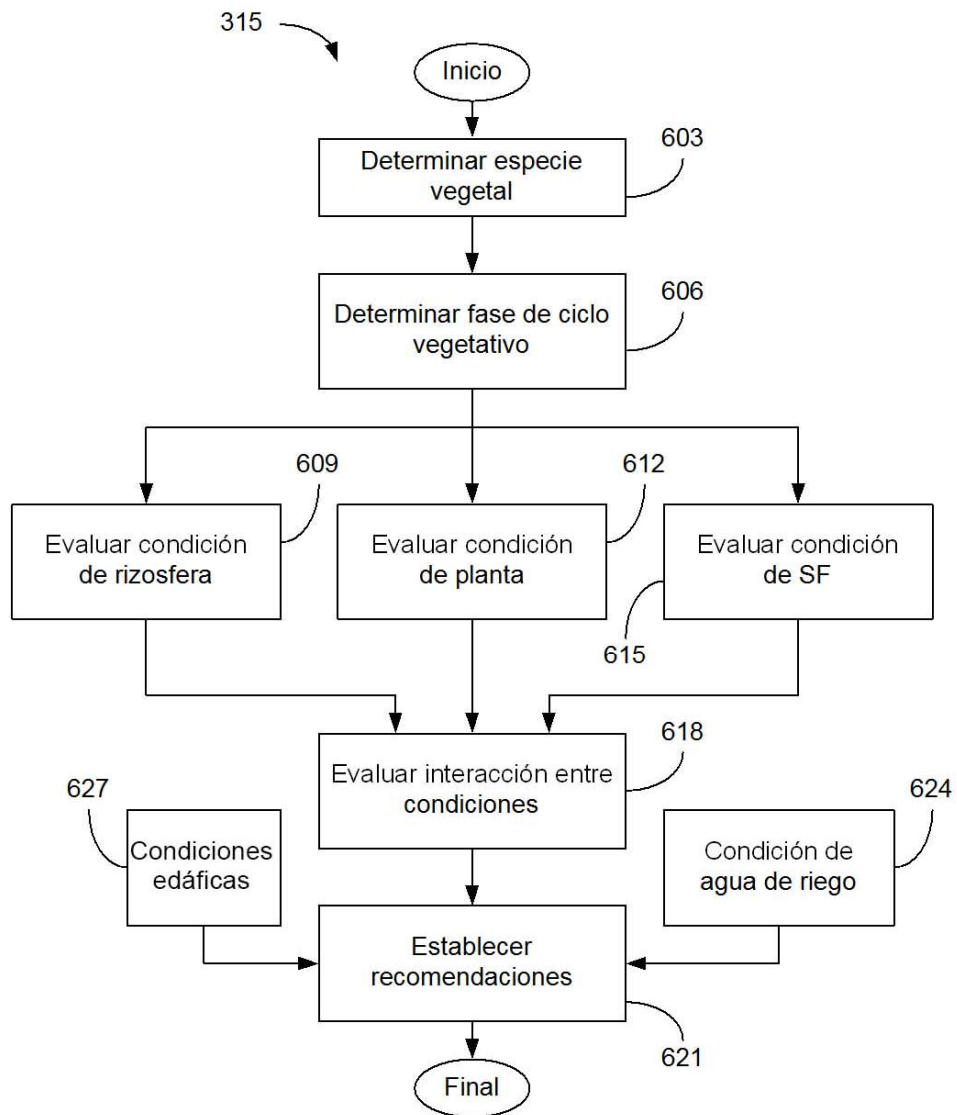


FIG. 6

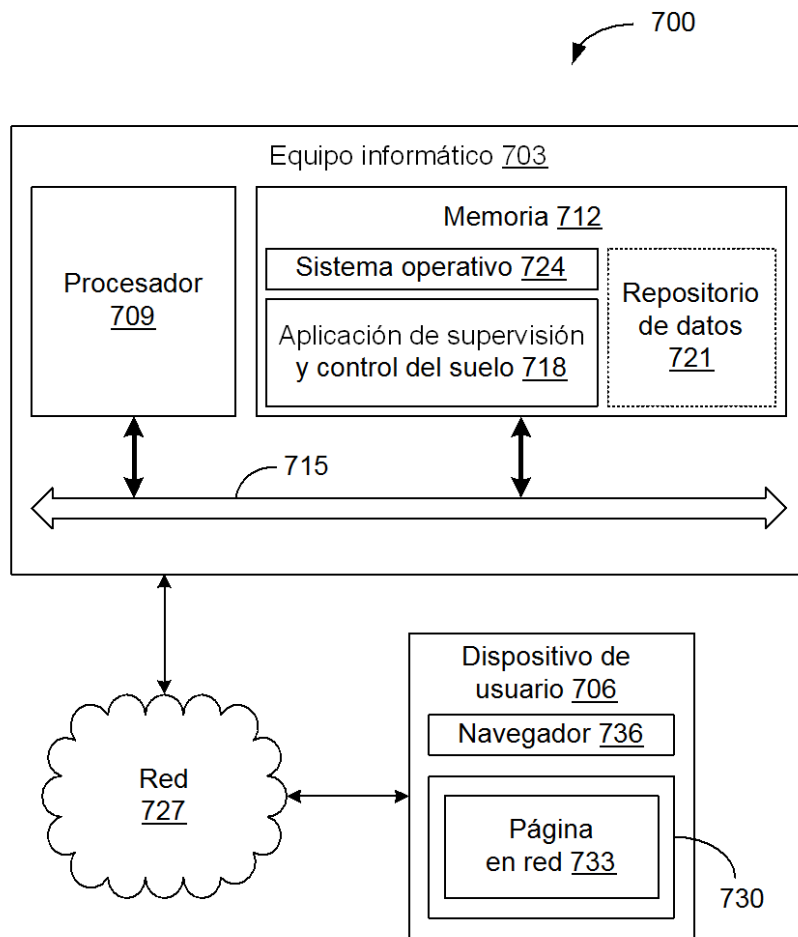


FIG. 7