

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 514**

51 Int. Cl.:

**A01G 25/00** (2006.01)

**G05B 11/01** (2006.01)

**G05D 22/02** (2006.01)

**A01G 25/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2013 PCT/IB2013/051566**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.09.2013 WO13128384**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2013 E 13754197 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 2819504**

54 Título: **Dispositivo, sistema y procedimiento de riego**

30 Prioridad:

**29.02.2012 IL 21838512**

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

**02.04.2018**

73 Titular/es:

**TEVATRONIC LTD. (100.0%)  
2 Hamagen Street  
70800 Gan Yavne, IL**

72 Inventor/es:

**VEITSMAN, ALEXANDER y  
DANILOV, YURI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 661 514 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**

Dispositivo, sistema y procedimiento de riego

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo del riego.

**5 Antecedentes**

Los sistemas de riego pueden usarse para proporcionar agua a la tierra o suelo. Por ejemplo, los sistemas de riego pueden ayudar en el cultivo de cultivos agrícolas, así como en el mantenimiento de paisajes. El riego puede ser particularmente importante en áreas secas, durante períodos de lluvia inadecuada, o en un invernadero con plantas para suelo exterior en crecimiento o para suelo interior en crecimiento (por ejemplo, desconectadas de la tierra).  
 10 Dichos sistemas de riego son conocidos a partir de, por ejemplo, el documento WO 2005/006836 A2.

Algunos sistemas de riego pueden operar, de forma manual o automática, de acuerdo con pautas agrícolas predefinidas, por ejemplo, indicando que un cierto tipo de cultivo se va a regar durante un período de tiempo determinado a una tasa de flujo de agua particular. Sin embargo, las pautas agrícolas predefinidas pueden no ser óptimas o adecuadas, y un riego insuficiente o un riego excesivo pueden afectar negativamente el crecimiento de los  
 15 cultivos agrícolas. Además, el riego excesivo puede desperdiciar agua y puede aumentar el costo de riego pagado por el propietario de un cultivo.

**Compendio**

La presente invención incluye un sistema y un procedimiento de riego de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 9.

El sistema de riego puede comprender además: un procesador de riego para determinar que el tiempo restante para el riego ha transcurrido, y enviar una señal al mando de la válvula para detener el riego desde dicha fuente de agua.  
 20

El sistema de riego puede comprender además: un transmisor inalámbrico para transmitir a un servidor remoto los datos correspondientes a al menos uno de: el primer punto de tiempo, el segundo punto de tiempo, la velocidad de drenaje del agua calculada y el tiempo restante calculado para el riego.

El sistema de riego puede comprender además: un receptor inalámbrico para recibir datos de un servidor remoto que indica la profundidad máxima de la raíz.  
 25

El sistema de riego puede comprender además: una unidad de memoria para almacenar, cerca de la planta, un parámetro que indica la profundidad máxima de la raíz.

El sistema de riego puede comprender adicionalmente: un servidor remoto que comprende un transmisor inalámbrico para permitir que un usuario modifique de forma remota un valor de dicho parámetro almacenado en dicha unidad de memoria próxima a la planta.  
 30

En ciertas realizaciones, la profundidad de inserción puede ser aproximadamente del 25 al 40 por ciento de la profundidad de raíz máxima.

En ciertas realizaciones, la profundidad de inserción puede ser de aproximadamente 40 a 60 por ciento de la profundidad de raíz máxima.

En ciertas realizaciones, la profundidad de inserción del sensor de humedad no se modifica a medida que crece la raíz de la planta.  
 35

Según la invención, un procedimiento para regar una planta que tiene una raíz comprende: iniciar el riego desde una fuente de agua en un primer punto de tiempo; detectar la humedad en un segundo punto de tiempo posterior mediante un sensor de humedad que se ubica bajo tierra a una profundidad de inserción entre la superficie del terreno y la profundidad de riego deseada; calculando una velocidad de drenaje de agua en base al primer punto de tiempo, el segundo punto de tiempo y la profundidad de inserción del sensor de humedad; y calcular un tiempo restante para el riego, en base a la velocidad de drenaje del agua calculada y además en función de una diferencia entre la profundidad de inserción y la profundidad de riego deseada.  
 40

El procedimiento puede comprender además: determinar que el tiempo restante para el riego haya transcurrido; y enviar una señal que ordene que la válvula detenga el riego desde dicha fuente de agua.  
 45

El procedimiento puede comprender además: transmitir de forma inalámbrica a un servidor remoto los datos correspondientes a al menos uno de: el primer punto de tiempo, el segundo punto de tiempo, la velocidad de drenaje de agua calculada y el tiempo restante calculado para el riego.

El procedimiento puede comprender además: recibir de un servidor remoto datos que indiquen la profundidad máxima de la raíz.  
 50

El procedimiento puede comprender además: almacenar cerca de la planta, un parámetro que indica la profundidad máxima de la raíz.

El procedimiento puede comprender además: modificar remotamente un valor de dicho parámetro almacenado en dicha unidad de memoria próxima a la planta.

- 5 En ciertas realizaciones del procedimiento, la profundidad de inserción puede ser aproximadamente del 25 al 40 por ciento de la profundidad de raíz máxima.

En ciertas realizaciones del procedimiento, la profundidad de inserción puede ser aproximadamente del 40 al 60 por ciento de la profundidad de raíz máxima.

- 10 El procedimiento puede comprender además: mantener inalterada la profundidad de inserción del sensor de humedad a medida que crece la raíz de la planta.

La presente invención puede proporcionar otros beneficios o ventajas adicionales.

### Breve descripción de los dibujos

- 15 Por simplicidad y claridad de la ilustración, los elementos mostrados en las figuras no han sido dibujados necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos pueden exagerarse en relación con otros elementos para mayor claridad de presentación. Además, los números de referencia se pueden repetir entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos. Las figuras se enumeran a continuación.

La figura 1A es otra ilustración de algunos componentes de un sistema de riego, de acuerdo con la presente invención;

- 20 La figura 1B es una ilustración esquemática de un diagrama de bloques del sistema de riego, de acuerdo con la presente invención;

Las Figs. 2A-2B son gráficos esquemáticos que demuestran una relación lineal entre el tiempo de riego y la profundidad de drenaje del riego, de acuerdo con ejemplos demostrativos de la presente invención; y

La Fig. 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de riego, de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada de la presente invención

- 25 En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de algunas realizaciones. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán que algunas realizaciones pueden practicarse sin estos detalles específicos. En otros casos, procedimientos, procedimientos, componentes, unidades y/o circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer el debate.

- 30 De acuerdo con la presente invención, un sistema de riego puede determinar una profundidad de riego adecuada para un cultivo particular que se riega. El sistema de riego puede ajustar automáticamente la cantidad de agua que se proporciona y/o el/los período/s de tiempo en que se realiza el riego, para garantizar que el agua alcance la profundidad de riego adecuada en su totalidad, y que no se desperdicie el agua regando el suelo ubicado debajo de la profundidad de riego adecuada. Esto puede dar como resultado un ahorro de la cantidad de agua de riego necesaria, puede eliminar o reducir el daño a los cultivos debido al riego excesivo, puede ayudar a determinar la velocidad de crecimiento de la planta y puede permitir la automatización del proceso de riego y la reducción de la mano de obra involucrada en el riego.

- 35 Se hace referencia a la figura 1B, que es una ilustración esquemática de un diagrama de bloques de un sistema 100 de acuerdo con la presente invención; así como a la figura 1A, que demuestra adicionalmente algunos de los componentes del sistema 100. El sistema 100 puede comprender, por ejemplo, un dispositivo de riego 110 conectado a una fuente de agua 105. El sistema 100 puede comprender además, opcionalmente, un servidor 131, una base de datos 132, y uno o más dispositivos informáticos 133. El sistema 100 se puede usar, por ejemplo, para regar eficientemente un cultivo, plantas, un árbol u otra planta adecuada, que típicamente se puede plantar en el suelo y normalmente puede tener una o más raíces debajo del nivel del suelo (o relativas a uno o más niveles, por ejemplo, en un invernadero que tenga plataformas o estantes de varios niveles o contenedores o macetas de crecimiento). Por ejemplo, la ilustración demostrativa de la figura 1A representa un árbol 171 que tiene una raíz 172, y además indica un punto más profundo 173 de la raíz 172.

- 40 La fuente de agua 105 puede ser o puede comprender, por ejemplo, una tubería de agua, un tubo de agua, un grifo, una manguera, un pozo, una piscina u otra fuente adecuada de agua o cuerpo de agua artificial o natural. Opcionalmente, la fuente de agua 105 puede comprender, o puede estar operativamente asociada o conectada a, una tubería 175 capaz de suministrar o transferir agua de riego de la fuente de agua 105 a una ubicación objetivo o área objetivo.

- 50 El dispositivo de riego 110 puede comprender, por ejemplo, una válvula 111, un controlador de válvula 112, un

## ES 2 661 514 T3

sensor de humedad 113, un reloj de tiempo real (RTC) 115, un procesador de riego 116, una unidad de memoria 117, una tabla de parámetros 118 (por ejemplo, almacenada en la unidad de memoria 117), un transceptor 120, una entrada de agua 123, un paso de agua 122, una salida de agua 121, y / u otros componentes de hardware o módulos de software adecuados.

5 La válvula 111 puede comprender una válvula u obturador capaz de detener e iniciar el flujo de agua que ingresa a través de la entrada de agua 123 desde la fuente de agua 105 y que sale a través del paso de agua 122 y fuera de la salida de agua 121. El controlador de válvula 112 puede controlar el funcionamiento de la válvula 111, por ejemplo, para hacer que la válvula 111 esté completamente abierta, que esté completamente cerrada, o que esté parcialmente abierta y parcialmente cerrada.

10 El sensor de humedad 113 puede comprender una unidad capaz de medir o determinar la humedad del suelo, el contenido de agua del suelo, la tensión de humedad del suelo o el potencial matricial de agua. El sensor de humedad 113 puede implementarse como un sensor autónomo o un sensor independiente, o puede implementarse como parte de otro sensor o unidad, por ejemplo, sensor de vacío o sensor de presión como parte de un tensiómetro de suelo. Por ejemplo, el sensor de humedad 113 puede comprender un tensiómetro de porcelana, un tensiómetro electrónico, una sonda de tensiómetro u otro tipo de tensiómetro adecuado. Opcionalmente, el sensor de humedad 15 puede tener una región o área particular o punta que puede ser sensible a la humedad o a la humedad, por ejemplo, una punta sensible 144.

El sensor de humedad 113 puede estar ubicado debajo del nivel del suelo (o, debajo de un nivel superficial o un nivel superior en una plataforma o estante del contenedor o maceta), por ejemplo, a una profundidad predefinida D. Por ejemplo, el sensor de humedad 113 puede estar completamente bajo tierra; o alternativamente, al menos una porción de detección o región de detección del sensor de humedad 113 (por ejemplo, la punta particularmente sensible 144) pueden estar bajo el suelo, a la profundidad de inserción predefinida D. El valor de la profundidad de inserción D puede ser determinada manualmente por el usuario o automáticamente mediante el procesador de riego 116, en función del tipo particular de cultivo que se va a regar, y/o en base a otros parámetros relacionados con el riego (por ejemplo, tipo de suelo, época del año). En algunas realizaciones demostrativas de la invención, por ejemplo, el valor de profundidad de inserción D puede ser más pequeño (por ejemplo, aproximadamente 25 o 33 o 25 50 o 66 por ciento más pequeño) con respecto a la profundidad máxima típica de raíces ( $D_{raiz}$ ) del cultivo particular a ser irrigado. En algunas realizaciones demostrativas, el valor de la profundidad de inserción D puede ser aproximadamente del 25 al 40 por ciento, o aproximadamente del 40 al 60 por ciento, de la profundidad máxima de las raíces  $D_{raiz}$ . Se observa que el valor de  $D_{raiz}$  puede ser, por ejemplo, el valor real o conocido de la profundidad máxima de la raíz, o un valor estimado (por ejemplo, en base a tablas o bases de datos agrícolas que indican una profundidad de raíz máxima típica para varios tipos de cultivos o plantas).

La unidad de memoria 117 puede comprender, por ejemplo, una unidad de memoria Flash u otra unidad de memoria adecuada a corto o largo plazo capaz de almacenar datos. La unidad de memoria 117 puede almacenar la tabla de parámetros 118, almacenando los parámetros usados en la operación del dispositivo de irrigación 110, o almacenando un registro de parámetros o mediciones o valores calculados.

En un primer punto de tiempo T1, el controlador de válvula 112 puede hacer que la válvula 111 se abra y permita que el agua fluya desde la fuente de agua 105 y fuera de la salida de agua 121. En el primer punto de tiempo T1, el procesador de riego 116 puede recibir una la señal del controlador de válvula 112, puede leer el valor actual del reloj de tiempo real 115, y puede almacenar o registrar ese valor como el primer punto de tiempo T1 en la tabla de parámetros 118.

Después de la apertura de la válvula 111, el agua puede fluir hacia abajo desde la salida de agua 121, y puede drenar gradualmente hacia abajo. En un segundo punto de tiempo posterior T2, el agua de drenaje puede alcanzar el sensor de humedad 113, que puede detectar la humedad. El sensor de humedad 113 puede enviar una señal al procesador de riego 116, indicando que el sensor de humedad 113 detectó humedad. El procesador de riego 116 puede leer el valor actual del reloj de tiempo real 115, y puede almacenar o registrar ese valor como el segundo punto de tiempo T2 en la tabla de parámetros 118.

El procesador de riego 116 puede calcular la diferencia de tiempo entre el primer punto de tiempo T1 y el segundo punto de tiempo T2, produciendo de ese modo un valor dT que indica el período de tiempo que tardó el agua en drenar la profundidad D predefinida.

El procesador de riego 116 puede comprender uno o más módulos capaces de procesar adicionalmente los datos que se recogieron y/o almacenaron previamente en la tabla de parámetros 118. Por ejemplo, el procesador de riego 116 puede comprender un calculador de velocidad de drenaje de agua 119 y un calculador de tiempo de drenaje objetivo 125.

55 El calculador de velocidad de drenaje de agua 119 puede dividir la profundidad predefinida D por el período de tiempo dT, determinando de este modo un valor de velocidad de drenaje de agua V, que puede almacenarse en la tabla de parámetros 118.

El calculador del tiempo de drenaje objetivo 125 puede multiplicar el valor de la velocidad de drenaje del agua V, por

la profundidad máxima  $D_{raiz}$  de las raíces de los cultivos particulares que se riegan, produciendo así un valor que indica el tiempo total requerido ( $T_{total}$ ), medido desde el primer punto de tiempo  $T_1$ , hasta que el agua de drenaje alcanza la profundidad máxima  $D_{raiz}$ . Alternativamente, el calculador de tiempo de drenaje objetivo 125 puede determinar la diferencia de profundidad entre  $D_{raiz}$  y  $D$ , para determinar la profundidad restante  $D_{restante}$  para el drenaje; y puede multiplicar esa diferencia de profundidad  $D_{restante}$  por la velocidad de drenaje del agua  $V$ , produciendo así un valor de tiempo ( $T_{restante}$ ) que indica el tiempo restante hasta que el agua de drenaje alcanza la profundidad máxima  $D_{raiz}$ .

El procesador de riego 116 puede utilizar el reloj de tiempo real 115 para controlar el tiempo de paso, y para determinar que transcurra el período de tiempo restante  $T_{restante}$ . Una vez que transcurre el período de tiempo  $T_{restante}$ , el procesador de riego 116 puede enviar una señal al controlador de válvula 112, y el controlador de válvula 112 puede hacer que la válvula 111 se cierre, deteniendo de este modo el riego adicional del agua.

Opcionalmente, el procesador de riego 116 puede comunicarse con una o más unidades remotas, por ejemplo, a través del transceptor 118 que puede incluir un transmisor inalámbrico o un transceptor con cable. Por ejemplo, el procesador de riego 116 puede comunicarse con el servidor 131, y puede transmitir al servidor 131 los datos recogidos y/o los datos calculados. El servidor 131 puede almacenar los datos en la base de datos 132, y puede servir para generar informes y/o estadísticas que pueden ser proporcionados a un usuario (por ejemplo, administrador, propietario de un cultivo, agrónomo) utilizando dispositivo/s informático/s 133 (por ejemplo, una computadora de escritorio, una computadora portátil, una tableta, un teléfono inteligente). Opcionalmente, el servidor 131 puede generar y presentar datos en un formato que puede ser accesible para los usuarios de el/los dispositivo/s informático/s 133 a través de Internet y/o a través de un navegador web.

Opcionalmente, la unidad de memoria 117 y/o la base de datos 132 pueden almacenar valores de nivel de humedad, que pueden ser detectados por el sensor de humedad 113, por ejemplo, sustancialmente de forma continua o en intervalos de tiempo predefinidos (por ejemplo, cada cinco segundos, cada diez segundos, cada treinta segundos). Los datos de humedad pueden ser tomados en cuenta por el procesador de riego 116 para determinar que se requiere riego adicional e iniciar la apertura de la válvula 111 a través del controlador de válvula 112.

El servidor 131 y el procesador 116 pueden ser capaces de comunicación bidireccional, de modo que, por ejemplo, el procesador de riego 116 puede informar datos al servidor 131, y el servidor 131 puede opcionalmente proporcionar datos y/o comandos al procesador de riego 116. Por ejemplo, el servidor 131 puede ser utilizado por un usuario, ya sea directamente o a través del dispositivo informático 133, para establecer o modificar el valor de profundidad de raíz máxima  $D_{raiz}$ , o para proporcionar comandos que anulan manualmente las decisiones tomadas por el procesador de riego 116 (por ejemplo, el propietario del cultivo puede decidir detener el riego, en función de la predicción meteorológica de la lluvia), o para permitir otras modificaciones de la intensidad de riego (por ejemplo, para aumentar o disminuir el tiempo de crecimiento de las plantas o frutas o flores, con el fin de controlar el tamaño de la fruta, con el fin de hacer fruta más aceitosa o más diluida).

Opcionalmente, el procesador de riego 116 puede utilizar la siguiente ecuación para calcular la velocidad de vertido del agua de riego  $V_{irr}$  o el drenaje dentro del suelo:

$$V_{irr} = X_{ctd} / T_x \quad (1)$$

donde  $X_{ctd}$  puede indicar la profundidad de la parte sensible del sensor de humedad 113 (por ejemplo, la punta de detección 144) en el suelo; y  $T_x$  puede indicar el tiempo durante el cual el agua drenó y llegó a la parte sensible del sensor de humedad 113.

En consecuencia, el tiempo de  $T_{cierre}$  que debe permanecer hasta el cierre de la fuente de agua 105 se puede calcular mediante el procesador de riego 116 usando la siguiente ecuación:

$$T_{cierre} = (S_{profundidad} - X_{ctd}) / V_{irr} \quad (2)$$

donde  $S_{profundidad}$  es la profundidad del riego deseado (por ejemplo, puede ser equivalente o similar a la profundidad máxima de la raíz de la planta).

En un ejemplo demostrativo, la profundidad de raíz máxima puede ser de 45 centímetros; y el sensor de humedad 113 se puede colocar en tierra de manera que la punta sensible 144 se pueda colocar a una profundidad de 15 centímetros. El riego puede comenzar, y después de tres minutos, el sensor de humedad 113 puede detectar el agua de drenaje. En consecuencia, el procesador de riego 116 puede dividir 15 centímetros por 3 minutos, para determinar que la velocidad de drenaje del agua es de 5 centímetros por minuto. Dado que la profundidad máxima de la raíz, en este ejemplo demostrativo, es de 45 centímetros, el tiempo total de riego puede calcularse en 9 minutos (dividiendo la profundidad de 45 centímetros, por la velocidad de drenaje de 5 centímetros por minuto). Como ya pasaron tres minutos, quedan seis minutos hasta el cierre de la fuente de agua 105. En un cálculo alternativo, quedan 30 centímetros de profundidad para el drenaje, a una velocidad de drenaje del agua de 5 centímetros por minuto, dando nuevamente el resultado de 6 minutos restantes para riego.

La presente invención se puede utilizar para irrigar una sola planta, o un lote o conjunto de plantas o cultivos, o un

campo o múltiples campos de plantas o cultivos. Opcionalmente, múltiples dispositivos de irrigación 110 pueden ser operables conectados a una única fuente de agua 105 y/o a un solo servidor 131.

5 La presente invención utiliza solo un único sensor de humedad (por ejemplo, sensor de humedad 113) por cultivo, en contraste con los sistemas de riego convencionales que pueden requerir dos o tres sensores de humedad por cultivo (por ejemplo, un primer sensor de humedad ubicado a nivel del suelo, y uno o más sensores de humedad ubicados bajo tierra, con al menos un sensor ubicado en o cerca de la profundidad máxima de la raíz).

10 La presente invención elimina la necesidad de colocar un sensor de humedad en o cerca de la profundidad de raíz máxima del cultivo, para determinar que la humedad alcanza la profundidad de raíz máxima. Además, la presente invención puede evitar el riego excesivo o la irrigación derrochadora, ya que un sensor de humedad que funciona a la profundidad de raíz máxima puede detectar el agua tan pronto como la alcanza, de modo que el agua que aún drena sobre ella es un desperdicio y no necesaria para regar la raíz. Por lo tanto, la presente invención evita una situación en la que un sensor de humedad a nivel de raíz detecta humedad y ordena detener el riego, que normalmente es demasiado tarde en la línea de tiempo y ya refleja el desperdicio de agua.

15 La presente invención utiliza un sensor de humedad ubicado a la profundidad de riego deseada, y por lo tanto, la presente invención no necesita reemplazar o reubicar dicho sensor de humedad una vez que las raíces de los cultivos crecen o profundizan más en el suelo.

20 La presente invención puede permitir a los propietarios de cultivos determinar y modificar una profundidad de riego precisa en la agricultura, para calcular el volumen de agua exacto u óptimo requerido para irrigar una planta o cultivo o árbol en particular, y permitir el cierre o la obturación de una fuente de agua o corriente de agua antes de que alcance toda la profundidad o longitud de la raíz. Esto se puede lograr calculando la velocidad de propagación o drenaje del agua en el suelo y cerrando la fuente de agua en un punto de tiempo tal que el agua ya irrigada continúe extendiéndose o drenando hacia la profundidad requerida para el crecimiento de la planta, y a lo largo de su raíz solamente, sin desperdicio innecesario. Además del ahorro de agua, esto puede permitir la utilización de un único sensor de humedad por planta, y puede evitar el reemplazo del sensor o la reubicación del sensor durante varias etapas de la vida de crecimiento de la planta, y reduce o elimina la necesidad de consultar o emplear expertos en agricultura.

30 Algunas partes del debate de la presente memoria pueden referirse, con fines demostrativos, al riego de cultivos de árboles u otras plantas que pueden plantarse en el suelo, o pueden estar ubicados a nivel del suelo. Sin embargo, la presente invención se puede utilizar además junto con cultivos, árboles y/o plantas que pueden estar ubicadas fuera del suelo, en un suelo de interior, en una plantadora, en un invernadero, en un dispositivo de crecimiento o en un recipiente en crecimiento que puede estar desconectado del suelo o puede estar desacoplado del suelo, en un contenedor que puede ser móvil o portátil, en plataforma/s de un nivel o múltiples niveles o en contenedores de suelo u otros contenedores (por ejemplo, en un invernadero), o similar. El término "superficie del suelo" o "nivel del suelo" tal como se usa en la presente memoria puede referirse opcionalmente a una superficie superior o un nivel superior de dicha plantadora, nivel, plataforma, estante, contenedor de suelo o similar. De manera similar, la referencia en este documento a un "suelo" o a "tierra" puede incluir opcionalmente otros tipos adecuados de material(es) en los que pueden crecer plantas o cultivos.

40 Los solicitantes han realizado experimentos que demuestran el progreso generalmente lineal de la profundidad del drenaje de riego, en función del tiempo que transcurre desde que comienza el riego. Los resultados de algunos experimentos demostrativos se muestran en las Figs. 2A-2B

Se hace referencia a la figura 2A, que es un gráfico esquemático 201 que demuestra una relación lineal entre el tiempo de riego (el eje vertical, en minutos) y la profundidad de drenaje de riego (el eje horizontal, en centímetros), de acuerdo con un ejemplo demostrativo de la presente invención. Las mediciones se realizaron en un sustrato de turba-toba, con una tensión de agua del suelo de 10 cbar.

45 Se hace referencia además a la figura 2B, que es un gráfico esquemático 202 que demuestra una relación lineal entre el tiempo de riego (el eje vertical, en segundos) y la profundidad de drenaje de riego (el eje horizontal, en centímetros), de acuerdo con otro ejemplo demostrativo de la presente invención. Las mediciones se realizaron en un entorno agua-aire sin sustrato; tensión de agua de 10 cbar; arcilla insertada en el agua al comienzo de la irrigación, lo que provoca una disminución rápida de la tensión del agua en cuestión de segundos. Se utilizó un coeficiente R para normalizar los datos.

Se hace referencia a la Figura 3, que es un diagrama de flujo de un procedimiento de irrigación, de acuerdo con la presente invención. El procedimiento se puede usar, por ejemplo, junto con el sistema de riego 100 de las Figs. 1A-1B u otros sistemas o dispositivos adecuados.

55 El procedimiento puede comprender, por ejemplo, determinar una profundidad de raíz máxima de una planta (bloque 310).

El procedimiento puede comprender, por ejemplo, insertar un sensor de humedad en el suelo, de modo que una punta sensible del sensor de humedad pueda ubicarse entre la superficie del suelo y la profundidad máxima de la

raíz (bloque 320), por ejemplo, a una profundidad equivalente a Xctd mencionada en las ecuaciones anteriores

El procedimiento puede comprender, por ejemplo, calcular una profundidad restante, como la diferencia de profundidad entre la profundidad de raíz máxima y la profundidad del sensor de humedad (bloque 330).

5 El procedimiento puede comprender, por ejemplo, comenzar el riego con agua en un primer punto de tiempo (bloque 340).

El procedimiento puede comprender, por ejemplo, detectar en un segundo punto de tiempo que el agua de riego alcanzó el sensor de humedad (bloque 350).

El procedimiento puede comprender, por ejemplo, calcular la velocidad de drenaje del agua en base al primer punto de tiempo, el segundo punto de tiempo y la profundidad del sensor de humedad (bloque 360).

10 El procedimiento puede comprender, por ejemplo, calcular el tiempo de riego restante hasta que se espera que el agua de riego alcance la profundidad de raíz máxima, en base a la velocidad de drenaje calculada del agua y la profundidad restante (bloque 370).

El procedimiento puede comprender, por ejemplo, terminar el riego (por ejemplo, cerrar la fuente de agua o cerrar la válvula de agua) una vez que transcurra el tiempo de riego restante calculado (bloque 380).

15 Se pueden usar otras operaciones adecuadas de acuerdo con la presente invención.

Los debates en este documento que utilizan términos tales como, por ejemplo, "procesar", "computar", "calcular", "determinar", "establecer", "analizar", "comprobar" o similares, pueden referirse a la/s operación/es y/o proceso/s de una computadora, una plataforma informática, un sistema informático u otro dispositivo informático electrónico, que manipulan y/o transforman los datos representados como cantidades físicas (por ejemplo, electrónicas) dentro de los registros de la computadora y/o memorias en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas dentro de los registros y/o memorias de la computadora u otro medio de almacenamiento de información que puede almacenar instrucciones para realizar operaciones y/o procesos.

20 Algunas realizaciones de la presente invención pueden tomar la forma de una realización totalmente de hardware, una realización completamente de software, o una realización que incluye tanto elementos de hardware como de software. Algunas realizaciones de la presente invención pueden implementarse en software, firmware, software residente, microcódigo, una aplicación que puede ser descargada y/o instalada por un usuario, una aplicación que puede ejecutarse en un navegador, una aplicación del lado del cliente, una aplicación del lado del servidor, una aplicación de cliente-servidor o similar. Algunas realizaciones de la presente invención pueden tomar la forma de un producto de programa informático accesible desde un medio utilizable por computadora o legible por computadora que proporciona un código de programa para su uso por o en conexión con una computadora o cualquier sistema de ejecución de instrucciones. Por ejemplo, un medio utilizable por computadora o legible por computadora puede ser o puede incluir cualquier aparato que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para su uso por o en conexión con el sistema o dispositivo de ejecución de instrucciones. Algunas realizaciones de la presente invención pueden implementarse, por ejemplo, usando un medio o artículo legible por máquina que puede almacenar una instrucción o un conjunto de instrucciones que, si son ejecutadas por una máquina, hacen que la máquina (por ejemplo, una computadora o un dispositivo electrónico) ejecute un procedimiento y/o las operaciones descritas en este documento.

25 Algunas realizaciones de la presente invención pueden incluir o pueden utilizar, por ejemplo, un procesador, una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador de señal digital (DSP), un controlador, un circuito integrado (IC), una unidad de memoria, una unidad de almacenamiento, unidades de entrada, unidades de salida, unidades de comunicación cableadas y/o inalámbricas, un sistema operativo y otros componentes de hardware y/o módulos de software adecuados.

30 Las funciones, operaciones, componentes y/o características descritas en este documento con referencia a una o más realizaciones de la presente invención, pueden combinarse con, o pueden utilizarse en combinación con, una o más funciones, operaciones, componentes y/o características descritas en este documento con referencia a una o más de otras realizaciones de la presente invención.

35 Aunque ciertas características de la presente invención se han ilustrado y descrito en la presente memoria, pueden ocurrir muchas modificaciones, sustituciones, cambios y equivalentes a los expertos en la técnica. En consecuencia, las reivindicaciones pretenden cubrir todas esas modificaciones, sustituciones, cambios y equivalentes.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de riego (100) para irrigar una planta (171) que tiene una raíz (172), comprendiendo el sistema de irrigación:  
una válvula (111) para comenzar el riego desde una fuente de agua (105) en un primer punto de tiempo T1;
- 5 un único sensor de humedad (113) para detectar la humedad en un segundo punto de tiempo T2 posterior, estando dicho sensor de humedad (113) bajo tierra a una profundidad de inserción (D) entre la superficie del suelo y una profundidad de riego deseada  $S_{\text{profundidad}}$ ;  
un calculador de velocidad de drenaje de agua (119) para calcular una velocidad de drenaje de agua V en base al primer punto de tiempo T1, el segundo punto de tiempo T2 y la profundidad de inserción (D) del sensor de humedad (113); y
- 10 un calculador de tiempo de drenaje objetivo (125) para calcular un tiempo restante para el riego  $T_{\text{restante}}$ , en base a la velocidad de drenaje de agua calculada V y adicionalmente en base a una diferencia entre la profundidad de inserción (D) y la profundidad de riego deseada  $S_{\text{profundidad}}$ .
2. El sistema de riego de la reivindicación 1, que comprende además:
- 15 un procesador de riego para determinar que ha transcurrido el tiempo restante de irrigación, y para enviar una señal que ordena a la válvula detener el riego desde dicha fuente de agua.
3. El sistema de riego de la reivindicación 2, que comprende además:  
un transmisor inalámbrico para transmitir a un servidor remoto datos correspondientes a al menos uno de: el primer punto de tiempo, el segundo punto de tiempo, la velocidad de drenaje del agua calculada y el tiempo restante calculado para el riego.
- 20 4. El sistema de riego de la reivindicación 1, que comprende además:  
una unidad de memoria para almacenar, cerca de la planta, un parámetro que indica la profundidad de riego deseada.
5. El sistema de riego de la reivindicación 4, que comprende además:
- 25 un servidor remoto que comprende un transmisor inalámbrico para permitir que un usuario modifique de forma remota un valor de dicho parámetro almacenado en dicha unidad de memoria próxima a la planta
6. El sistema de riego de la reivindicación 1, en el que la profundidad de inserción es aproximadamente del 25 al 40 por ciento de la profundidad de riego deseada.
7. El sistema de riego de la reivindicación 1, en el que la profundidad de inserción es aproximadamente del 40 al 60 por ciento de la profundidad de riego deseada.
- 30 8. El sistema de riego de la reivindicación 1, en el que la profundidad de inserción del sensor de humedad no cambia a medida que crece la raíz de la planta.
9. Un procedimiento para regar una planta (171) que tiene una raíz (172), comprendiendo el procedimiento:  
comenzar el riego desde una fuente de agua (105) en un primer punto de tiempo T1;
- 35 detectar humedad en un segundo punto de tiempo T2 posterior, mediante un único sensor de humedad (113) que se encuentra bajo tierra a una profundidad de inserción (D) entre la superficie del suelo y una profundidad de riego deseada  $S_{\text{profundidad}}$ ;  
calcular una velocidad de drenaje de agua V en base al primer punto de tiempo T1, el segundo punto de tiempo T2 y la profundidad de inserción (D) del sensor de humedad (113); y
- 40 calcular el tiempo restante para el riego de  $T_{\text{restante}}$ , en base a la velocidad de drenaje del agua calculada V y en función de la diferencia entre la profundidad de inserción (D) y la profundidad de riego deseada  $S_{\text{profundidad}}$ .
10. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:  
determinar que ha transcurrido el tiempo restante para el riego; y  
enviar una señal que ordene a la válvula detener el riego desde dicha fuente de agua.
- 45 11. El procedimiento de la reivindicación 10, que comprende además:

transmitir de forma inalámbrica a un servidor remoto los datos correspondientes a al menos uno de: el primer punto de tiempo, el segundo punto de tiempo, la velocidad de drenaje de agua calculada y el tiempo restante calculado para el riego.

12. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:

5 almacenar en la proximidad de la planta, un parámetro que indica la profundidad máxima.

13. El procedimiento de la reivindicación 12, que comprende además:

modificar en forma remota un valor de dicho parámetro almacenado en dicha unidad de memoria próxima a la planta.

10 14. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la profundidad de inserción es aproximadamente del 25 al 40 por ciento de la profundidad de riego deseada.

15. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la profundidad de inserción es aproximadamente del 40 al 60 por ciento de la profundidad de riego deseada.

16. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la profundidad de inserción del sensor de humedad no cambia a medida que crece la raíz de la planta.

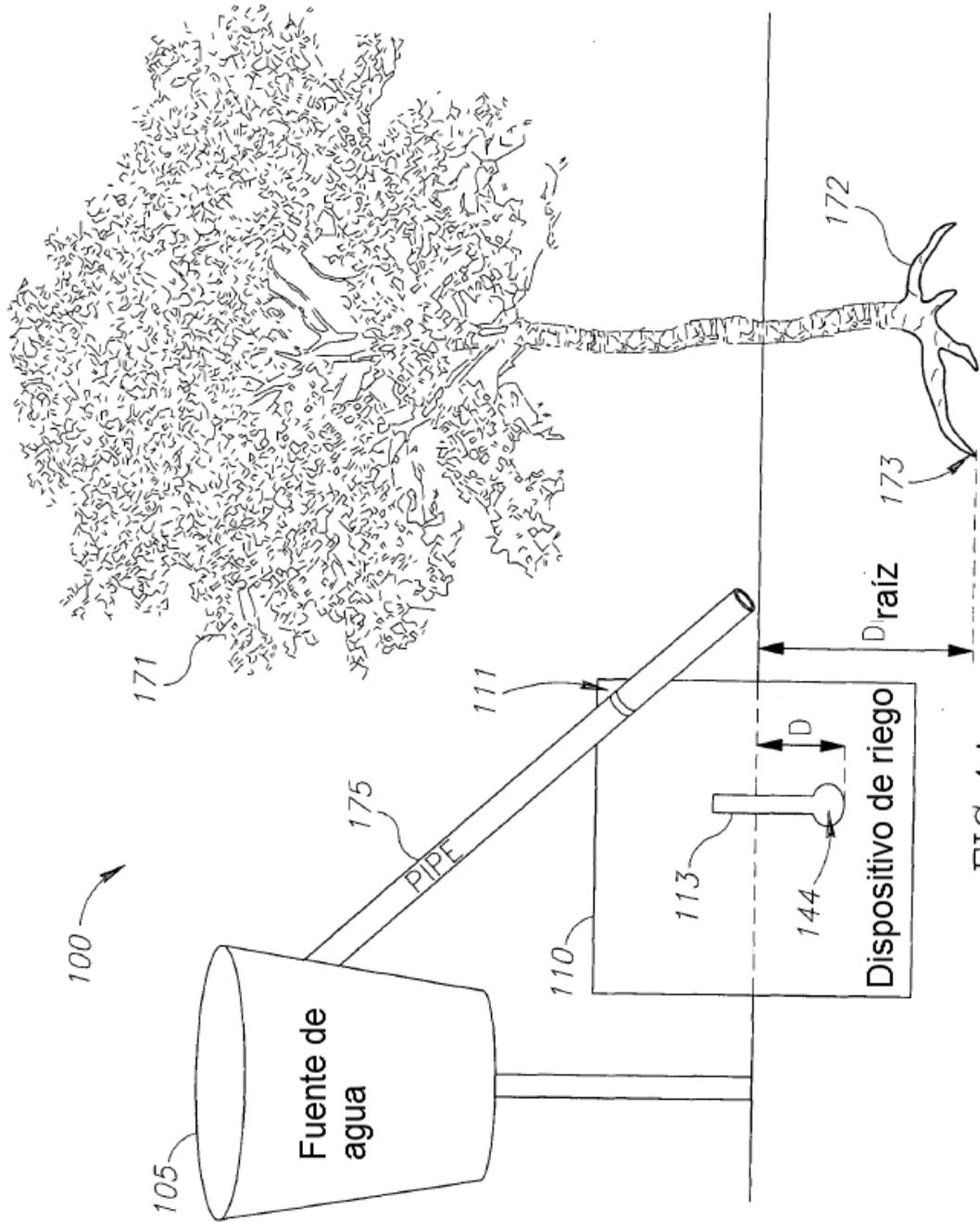


FIG. 1A

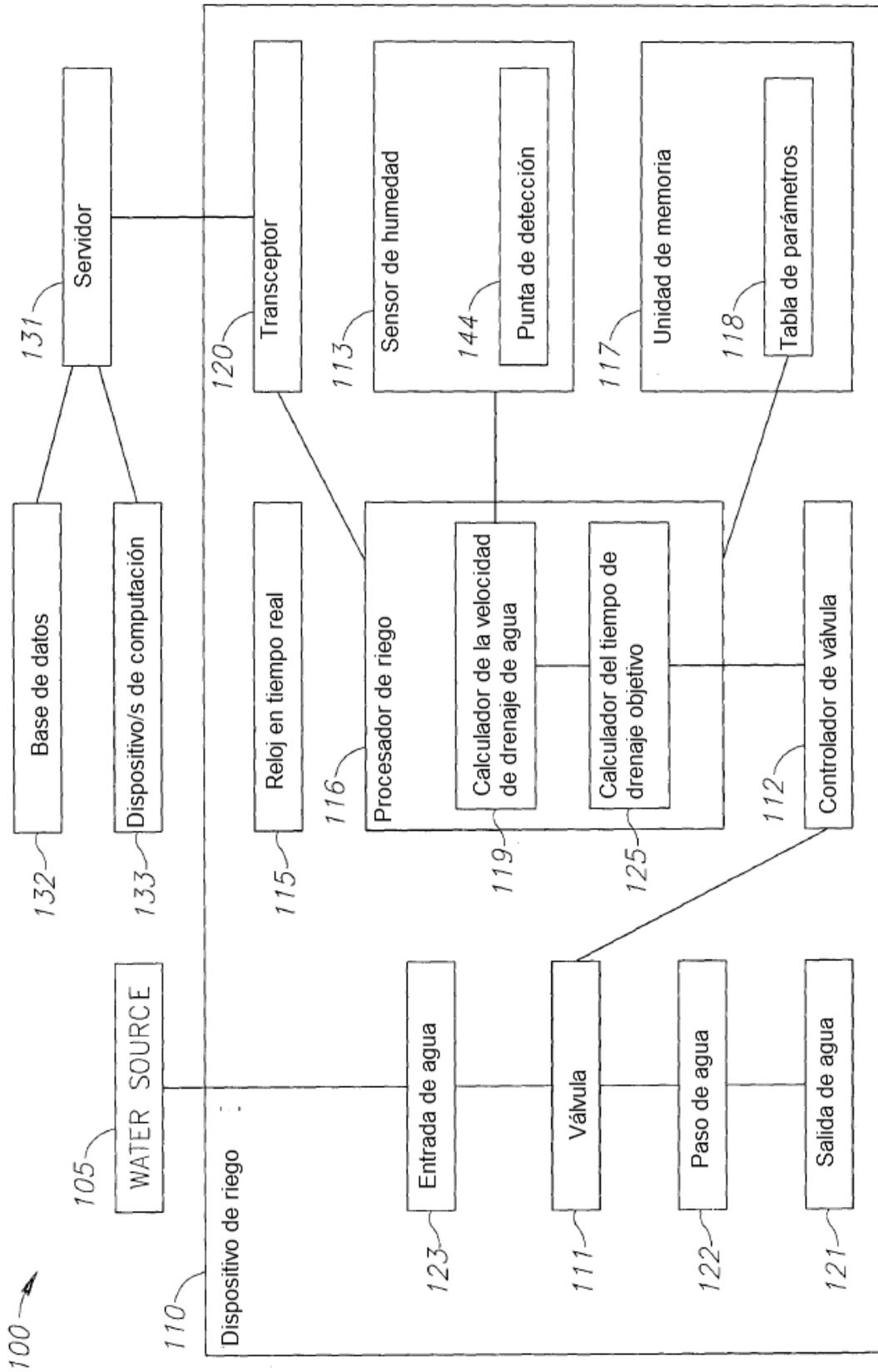


FIG.1B

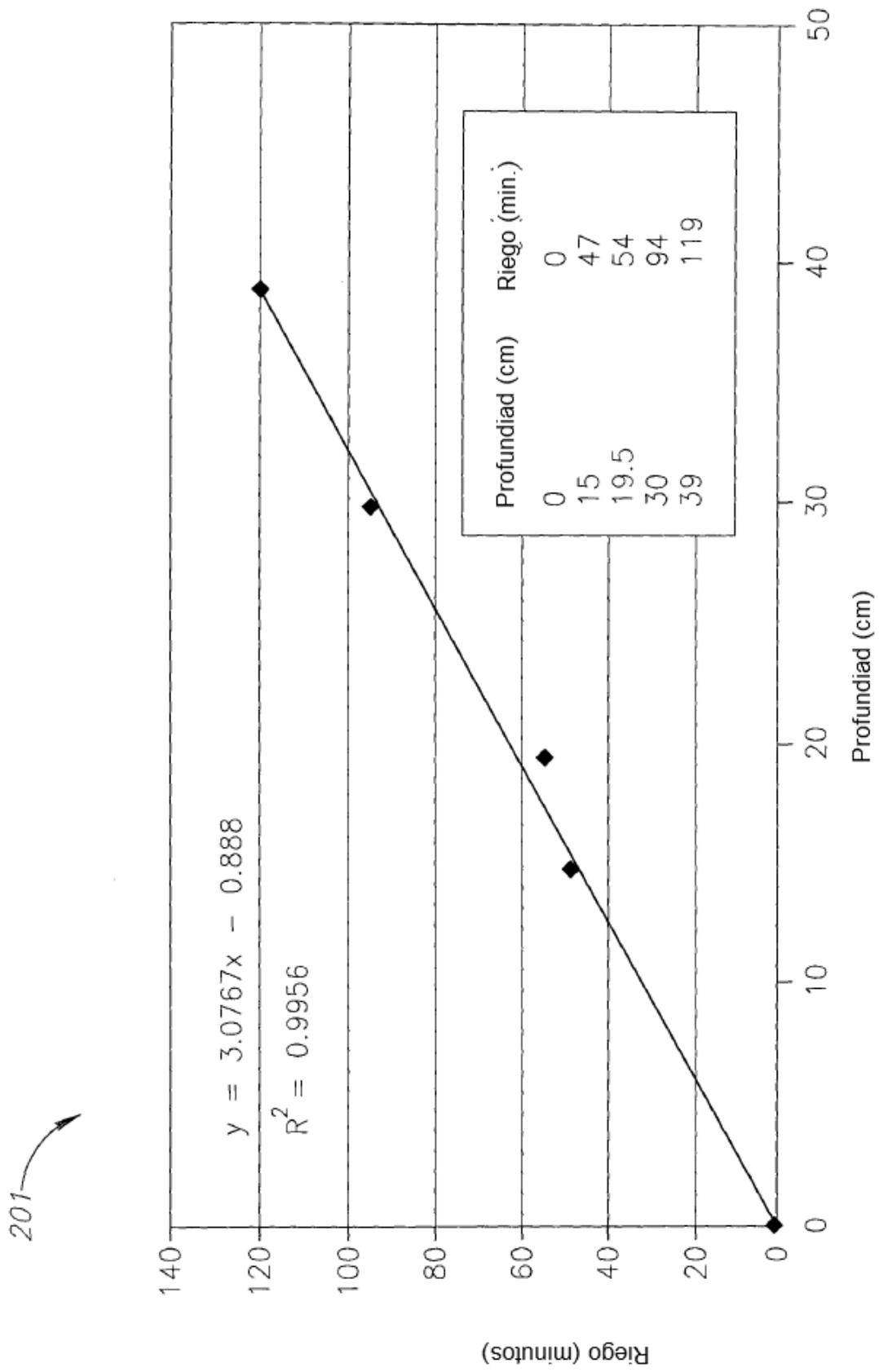


FIG.2A

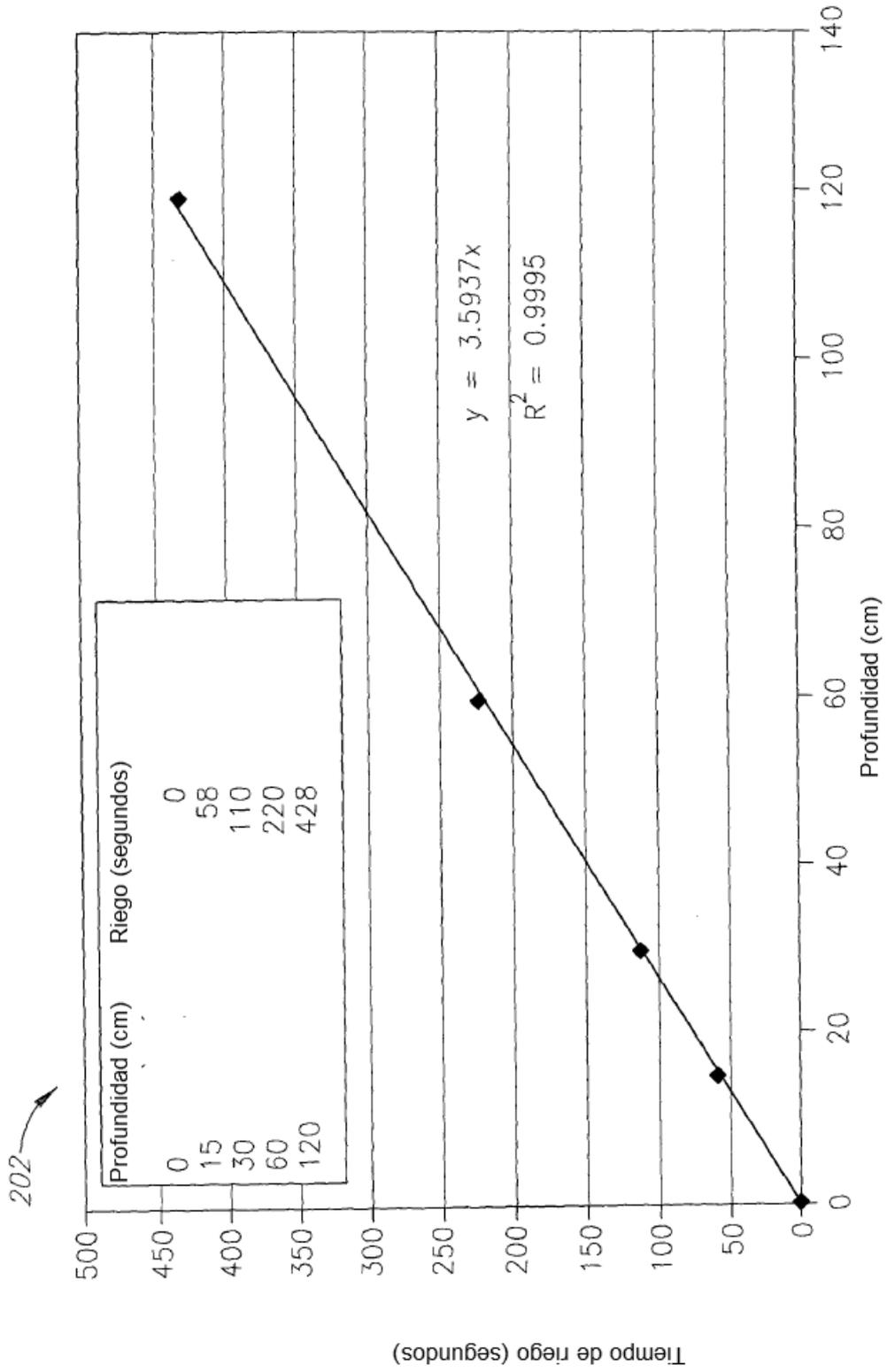


FIG.2B

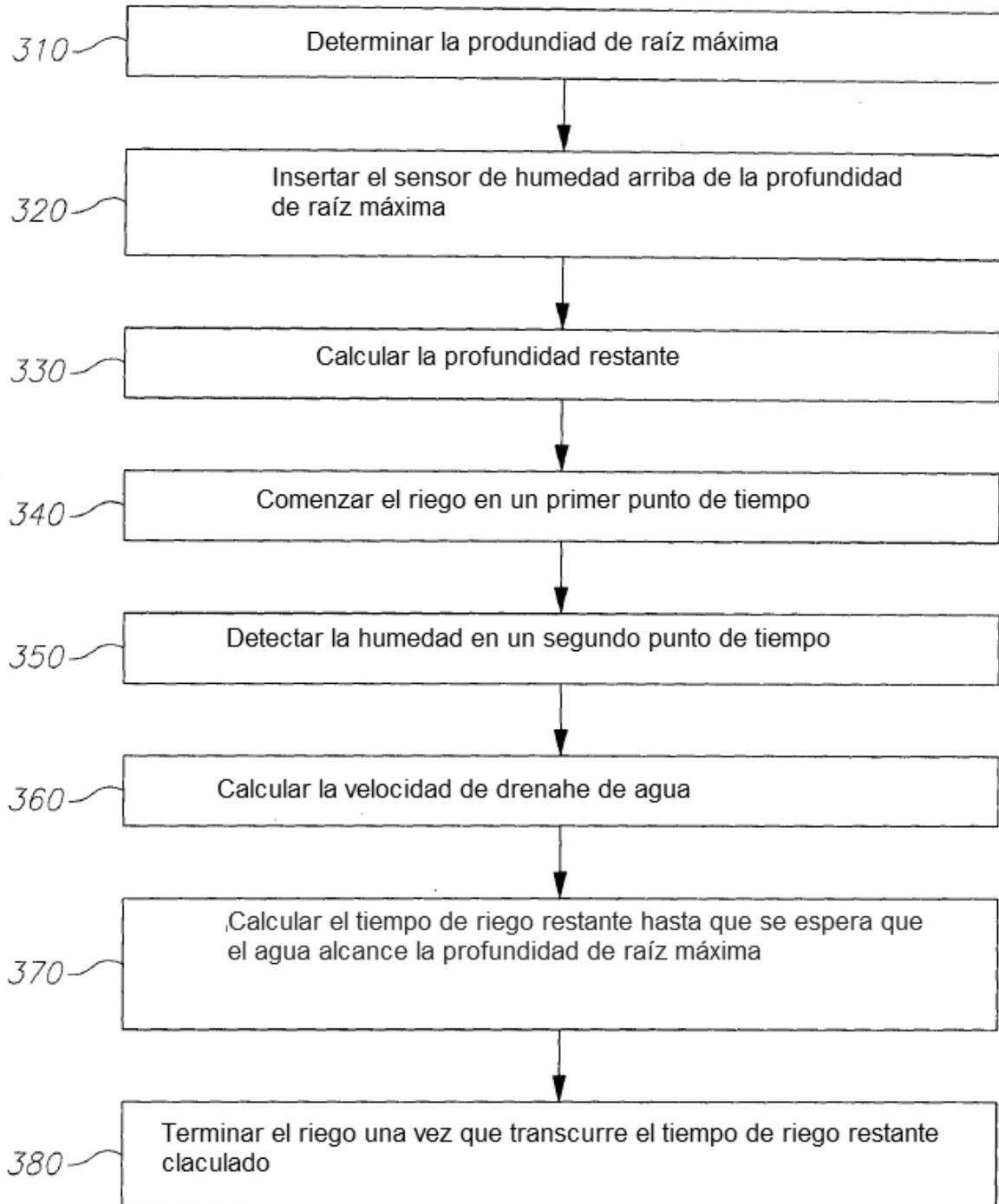


FIG.3