

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 925 960**

51 Int. Cl.:

|                    |                             |           |
|--------------------|-----------------------------|-----------|
| <b>B01D 5/00</b>   | (2006.01) <b>E03B 3/02</b>  | (2006.01) |
| <b>A01G 15/00</b>  | (2006.01) <b>E03B 3/28</b>  | (2006.01) |
| <b>F24S 20/40</b>  | (2008.01) <b>H02S 20/10</b> | (2014.01) |
| <b>F24S 20/60</b>  | (2008.01)                   |           |
| <b>F24S 21/00</b>  | (2008.01)                   |           |
| <b>F24S 25/12</b>  | (2008.01)                   |           |
| <b>F24S 40/44</b>  | (2008.01)                   |           |
| <b>F24S 70/275</b> | (2008.01)                   |           |
| <b>F24S 20/00</b>  | (2008.01)                   |           |
| <b>F24S 80/00</b>  | (2008.01)                   |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2020** **E 20174927 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2022** **EP 3909659**

54 Título: **Uso de un aparato y método para obtener agua dulce**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.10.2022**

73 Titular/es:

**UNIVERSITÄT HOHENHEIM (100.0%)**  
**Schloss Hohenheim 1**  
**70599 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**WULFMEYER, VOLKER y**  
**BRANCH, OLIVER**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 925 960 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

Uso de un aparato y método para obtener agua dulce

La presente invención se refiere a un uso de un aparato y a un método para obtener agua dulce mediante generación artificial de una precipitación. En sentido estricto, la precipitación en el sentido de lluvia no se produce únicamente mediante el aparato o método según la invención. Más bien, el uso del aparato y el método según la invención sirven para intensificar, inducir y/o controlar la formación de nubes y la precipitación asociada con la misma.

Por lo tanto, el término "generar una precipitación" debe interpretarse en el presente documento en un sentido amplio, de modo que también incluye la pura intensificación, activación y/o control de la formación de la precipitación.

El uso de un aparato y el método según la invención son para su uso en regiones semiáridas, áridas o extremadamente áridas. Se refiere a áreas o regiones con un clima seco o extremadamente seco en las que la precipitación natural es menor que la posible evaporación en el promedio a largo plazo. Se trata principalmente de desiertos, razón por la cual el clima árido a menudo también se conoce como clima desértico.

La producción de agua dulce en tales áreas es un problema a largo plazo. Este problema tiende a agravarse por el cambio climático global en curso.

Este inmenso problema puede resolverse mediante un aparato y un método para generar precipitación artificialmente. En general, sólo se conocen unos pocos enfoques para tales métodos.

Sin embargo, muchos de estos enfoques son difíciles de implementar en la práctica o, en última instancia, han demostrado no ser viables. Por ejemplo, se buscó la siembra de nubes como un enfoque posible. Sin embargo, todavía no se ha mostrado ningún efecto científicamente demostrado sobre la formación de nubes o la precipitación en regiones áridas.

Enfoques como los presentados en los documentos DE 10 2005 015 514 A1, DE 43 39 576 A1 y US 3.601.312A también parecen ser más teóricos, pero de ninguna manera científicos y, por lo tanto, es poco probable que sean eficaces en la práctica. En los documentos WO 2009/135398 A1, RU 2 071 243 C1 y CA 722429 A se describen métodos adicionales a modo de ejemplo de regulación y modificación del clima.

Por lo tanto, la desalinización de agua de mar sigue siendo una de las pocas opciones relevantes en la práctica para la producción de agua dulce en zonas áridas. Las técnicas de desalinización de agua de mar están bien establecidas en todo el mundo. Sin embargo, la desalinización de agua de mar sigue siendo muy costosa y consume mucha energía.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un uso de un aparato y un método para obtener agua dulce mediante una generación artificial (intensificación, activación y/o control) de precipitación. Este uso de un aparato y método serán funcionales en la práctica y realizables a un coste razonable.

Este objetivo se resuelve mediante un uso de un aparato según la reivindicación 1 y mediante un método según la reivindicación 13.

Según la reivindicación 1, se presenta un uso de un aparato sobre un terreno en una región semiárida, árida o extremadamente árida para obtener agua dulce mediante generación artificial de una precipitación, en el que el aparato comprende las siguientes características:

- al menos un cuerpo de oscurecimiento que forma una superficie de oscurecimiento que tiene una anchura y/o una longitud de al menos 3 km y un albedo de menos de 0,1, en el que al menos un cuerpo de oscurecimiento comprende sólo uno de tales cuerpos de oscurecimiento que forma dicha superficie de oscurecimiento o una pluralidad de tales cuerpos de oscurecimiento que están dispuestos unos al lado de otros y juntos forman dicha superficie de oscurecimiento;

- al menos un almacén de base que está configurado para soportar el al menos un cuerpo de oscurecimiento y para mantener el al menos un cuerpo de oscurecimiento separado de una superficie de soporte para formar un espacio entre la superficie de soporte y el al menos un cuerpo de oscurecimiento, en el que la superficie de soporte es el terreno sobre el cual está dispuesto el almacén de base, y

- un sistema de recogida de precipitación que está dispuesto al menos parcialmente dentro del espacio y está configurado para recoger y almacenar la precipitación que cae sobre la superficie de oscurecimiento, en el que el sistema de recogida de precipitación comprende al menos un depósito de agua y al menos un canal de recogida de precipitación que está conectado por conexión de fluido a dicho al menos un depósito de agua.

El método según la reivindicación 13 comprende las siguientes etapas:

- proporcionar al menos un cuerpo de oscurecimiento;

- disponer el al menos un cuerpo de oscurecimiento sobre una superficie de soporte, que es un terreno en una región semiárida, árida o extremadamente árida, para formar una superficie de oscurecimiento que tiene una anchura y/o una longitud de al menos 3 km y un albedo de menos de 0,1, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento comprende sólo uno de tales cuerpos de oscurecimiento que forma dicha superficie de oscurecimiento o una pluralidad de tales cuerpos de oscurecimiento que están dispuestos unos al lado de otros y juntos forman dicha superficie de oscurecimiento, y en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento está soportado mediante al menos un armazón de base, de tal manera que el al menos un cuerpo de oscurecimiento se mantiene separado de la superficie de soporte para formar un espacio entre la superficie de soporte y el al menos un cuerpo de oscurecimiento y de tal manera que se genera una depresión térmica local que desestabiliza la masa de aire sobre la superficie de oscurecimiento y genera un cambio en el flujo de aire sobre la superficie de oscurecimiento, cambio en el flujo de aire que conduce a una zona de convergencia por encima o sobre un lado alejado del viento de la superficie de oscurecimiento y, en última instancia, a la generación artificial de precipitación que cae al menos parcialmente sobre la superficie de oscurecimiento, y

- recoger y almacenar la precipitación mediante un sistema de recogida de precipitación que está dispuesto al menos parcialmente dentro del espacio y está configurado para recoger y almacenar la precipitación que cae sobre la superficie de oscurecimiento, en el que el sistema de recogida de precipitación comprende al menos un depósito de agua y al menos un canal de recogida de precipitación que está conectado por conexión de fluido a dicho al menos un depósito de agua.

El aparato para su uso según la invención comprende un único cuerpo de oscurecimiento o una pluralidad de cuerpos de oscurecimiento dispuestos unos al lado de otros, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento forma una superficie de oscurecimiento que tiene un albedo muy bajo. El al menos un cuerpo de oscurecimiento forma una superficie muy grande que oscurece mucho la superficie del terreno típicamente clara en áreas desérticas. Esta superficie de oscurecimiento tiene al menos tres kilómetros de anchura y/o de longitud. En otras palabras, al menos una de las tres dimensiones de la superficie de oscurecimiento es igual a o mayor de tres kilómetros.

Esta gran superficie de oscurecimiento absorbe la energía del sol y se calienta en el proceso. En otras palabras, el sol calienta mucho el uno o más cuerpos de oscurecimiento dispuestos unos junto a otros.

Debido al al menos un armazón de base que está configurado para soportar el al menos un cuerpo de oscurecimiento, la zona oscura generada por el al menos un cuerpo de oscurecimiento se mantiene a una distancia del terreno y, por lo tanto, se desacopla del terreno. Por lo tanto, el al menos un cuerpo de oscurecimiento no se apoya directamente sobre el terreno. Esto aumenta adicionalmente el efecto de calentamiento mencionado anteriormente, ya que se minimiza el flujo de calor desde el al menos un cuerpo de oscurecimiento hacia el terreno.

La instalación del aparato presentado en el presente documento en una zona desértica provoca un cambio macroscópico en la rugosidad de la superficie del desierto, es decir, una fricción de superficie modificada. El calentamiento y la fricción de superficie modificada provocan, por un lado, una depresión térmica que desestabiliza la masa de aire sobre el aparato y, por otro lado, un cambio en el flujo de aire sobre la superficie de oscurecimiento que conduce a una zona de convergencia sobre el aparato o en su lado de sotavento, es decir, el lado a favor del viento del aparato.

Esta combinación de sustentación y convergencia crea un movimiento vertical de aire que puede superar las barreras atmosféricas y conducir a una convección de gran alcance (hasta 16 km de altitud). Esto conduce a una formación de nubes, o al menos a un aumento en la formación de nubes. Si la extensión vertical de la nube es lo suficientemente alta, se induce una cantidad significativa de precipitación. Esta provocación y amplificación de la precipitación es al menos 50 veces mayor que el efecto postulado por la siembra de nubes, que, sin embargo, como se mencionó al principio, aún no se ha demostrado en absoluto.

El hecho de que los efectos meteorológicos anteriormente mencionados pueden provocarse realmente por un oscurecimiento extenso de una superficie de desierto ya se ha demostrado científicamente por los inventores de la presente invención y se ha explicado en detalle en las siguientes publicaciones: Wulfmeyer, V. *et al.*: "The impact of plantations on weather and climate in coastal desert regions", Journal of applied meteorology and climatology, vol. 53, págs. 1143-1169, mayo de 2014 y Branch, O. y Wulfmeyer, V.: "Deliberate enhancement of rainfall using desert plantations", Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), vol. 116, n.º 38, págs. 18841-18847, septiembre de 2019. En estas publicaciones, el efecto mencionado anteriormente no se logró mediante un aparato como en el uso según la presente invención, sino que se investigó usando plantaciones naturales en Omán y el desierto de Sonora en México.

Las simulaciones por ordenador muestran que, en áreas adecuadas, por ejemplo, en los Emiratos Árabes Unidos o en Omán, el aparato para su uso según la presente invención puede usarse para aumentar la cantidad de precipitación hasta una cantidad de hasta 150.000-200.000 m<sup>3</sup> de agua por evento. Análisis adicionales de las condiciones meteorológicas muestran que pueden esperarse aproximadamente 5-10 eventos de precipitación del

tipo anteriormente mencionado durante el verano en estas áreas con el uso de un aparato según la presente invención.

El uso presentado en el presente documento de un aparato tiene además la ventaja de que el al menos un armazón de base, que soporta el al menos un cuerpo de oscurecimiento, crea un espacio entre la superficie de soporte (el terreno) y el al menos un cuerpo de oscurecimiento. Este espacio no sólo conduce a la ventaja mencionada anteriormente de una conducción de calor reducida hacia el terreno, sino que también permite disponer un sistema de recogida de precipitación debajo del al menos un cuerpo de oscurecimiento. Con la ayuda de este sistema de recogida de precipitación, la precipitación que cae sobre la superficie de oscurecimiento puede recogerse y almacenarse eficazmente. Dado que el sistema de recogida de precipitación está dispuesto en la zona oscurecida por debajo del al menos un cuerpo de oscurecimiento, no se calienta demasiado, especialmente no demasiado en comparación con el caso de si estuviera dispuesto bajo el sol abrasador del desierto. Por tanto, puede reducirse significativamente la evaporación del agua recogida en el sistema de recogida de precipitación.

De esta manera, es posible generar o aumentar de manera sostenible la precipitación y recoger y almacenar el agua dulce obtenida de la precipitación. Esto se consigue mediante una influencia regional sobre las condiciones meteorológicas provocada por el uso de un aparato según la invención, en el que se producen deformaciones del campo de viento y una sustentación a gran escala, que rompen la subsidencia de la atmósfera y producen nubes de gran alcance y precipitaciones.

Por lo tanto, la presente invención se basa en influir activamente sobre la dinámica y sobre la termodinámica de la atmósfera. A diferencia del método de siembra de nubes mencionado al principio, el uso de un aparato y el método según la invención no se concentran en nubes que ya existen, sino en la generación de estas propias nubes.

No obstante, generalmente es posible e incluso puede ser ventajoso combinar el método según la presente invención con el método ya conocido de siembra de nubes.

En las reivindicaciones dependientes se definen diversos refinamientos ventajosos de la presente invención.

Según un refinamiento, el albedo de la superficie de oscurecimiento para la luz visible es de menos de 0,05, preferiblemente menos de 0,03.

El albedo es una medida de la reflectividad de superficies de reflexión difusa, es decir, que no se iluminan por sí mismas. Es una medida de la reflexión difusa de la radiación solar con respecto a la radiación solar total y se mide en una escala de desde 0, correspondiente a un cuerpo negro que absorbe toda la radiación incidente, hasta 1, correspondiente a un cuerpo que refleja toda la radiación incidente. Si se usa el término "albedo" en el presente documento, se refiere preferiblemente al albedo geométrico (no el albedo esférico). Más preferiblemente, el término "albedo" puede entenderse en el presente documento como albedo medio, por ejemplo, como el valor medio o promedio del albedo sobre/a través de toda la superficie de oscurecimiento. Por lo tanto, en lugar del término "albedo", también se puede usar en el presente documento el término "albedo medio geométrico para la irradiación solar".

Por lo tanto, cuanto menor sea el albedo del al menos un cuerpo de oscurecimiento, más fuerte será el efecto de calentamiento mencionado anteriormente, que emana del aparato según la invención, y más eficaz será la influencia de la presente invención sobre la dinámica y la termodinámica de la atmósfera, lo que conduce a la generación artificial o amplificación de la precipitación.

Según un refinamiento adicional, la superficie de oscurecimiento tiene un tamaño de al menos 5 km<sup>2</sup>, más preferiblemente de al menos 9 km<sup>2</sup>, lo más preferiblemente de al menos 25 km<sup>2</sup>.

Las simulaciones han mostrado a modo de ejemplo que es ventajoso que al menos la longitud o la anchura de la superficie de oscurecimiento es de al menos 5 km. Como mínimo absoluto, se aplica el límite inferior de 3 km de anchura y/o de longitud. Un tamaño bastante razonable de la superficie de oscurecimiento será, por ejemplo, una longitud de 5-10 km y una anchura de 1-2 km. Sin embargo, la superficie de oscurecimiento no tiene que ser necesariamente rectangular. La superficie de oscurecimiento también puede tener cualquier otra forma sin apartarse del alcance de la presente invención.

Si el aparato presentado en el presente documento comprende no sólo uno, sino una pluralidad de cuerpos de oscurecimiento que están dispuestos unos al lado de otros, pueden existir huecos entre los cuerpos de oscurecimiento individuales sin apartarse del alcance de la presente invención. Aunque se prefiere, no es necesario que los cuerpos de oscurecimiento individuales tengan que estar enrasados entre sí. El término "dispuestos unos al lado de otros" debe entenderse en el presente documento en un sentido amplio. Puede haber huecos o distancias de varios metros o más entre los cuerpos de oscurecimiento individuales. Sin embargo, cuanto menor es la distancia entre los cuerpos de oscurecimiento individuales, mayor es el efecto de oscurecimiento. El mejor efecto de oscurecimiento se logra si sólo se usa un único cuerpo de oscurecimiento muy grande.

Según la invención, el sistema de recogida de precipitación comprende al menos un depósito de agua y al menos un canal de recogida de precipitación que está conectado por conexión de fluido a dicho al menos un depósito de agua.

El canal de recogida de precipitación y el depósito de agua están dispuestos al menos parcialmente por debajo del al menos un cuerpo de oscurecimiento, es decir, en el espacio creado por el al menos un armazón de base. Preferiblemente, el canal de recogida de precipitación está dispuesto de tal manera que la precipitación que cae sobre el aparato alcanza automáticamente el canal de recogida y desde allí fluye simplemente impulsada por la gravedad al interior del al menos un depósito de agua, es decir, sin necesidad de un accionador (por ejemplo, una bomba). Sin embargo, la forma y la disposición del al menos un canal de recogida de precipitación y el depósito de agua se pueden seleccionar libremente.

Según otro refinamiento, se proporciona al menos una abertura en el al menos un cuerpo de oscurecimiento, abertura que desemboca en el al menos un canal de recogida de precipitación.

Esta abertura puede ser de cualquier forma. Debido al tamaño total del aparato presentado en el presente documento, el aparato comprende preferiblemente una pluralidad de tales aberturas. Por ejemplo, se pueden proporcionar una o más ranuras en el al menos un cuerpo de oscurecimiento, de tal manera que la precipitación puede entrar directamente en el canal de recogida de precipitación ubicado debajo de la una o más ranuras. También es posible proporcionar huecos más pequeños entre los cuerpos de oscurecimiento individuales y disponer el al menos un canal de recogida de precipitación en o debajo de estos huecos.

Según un refinamiento adicional, el al menos un cuerpo de oscurecimiento está orientado horizontalmente o inclinado formando un ángulo de menos de o igual a  $5^\circ$  con respecto a la horizontal.

La cara superior del al menos un cuerpo de oscurecimiento, es decir, el lado orientado en sentido contrario al armazón de base, está preferiblemente diseñado como una superficie plana. Una disposición horizontal de esta cara superior tiene particularmente la ventaja de una altura total relativamente baja del aparato. Por otra parte, una ligera inclinación de esta cara superior con respecto a la horizontal es ventajosa porque la precipitación que cae sobre la misma se drena más fácilmente en una dirección predeterminada. De este modo, el aparato también se limpia, lo que es una ventaja significativa adicional, ya que el albedo permanece bajo cuando la superficie se mantiene limpia.

Si el al menos un cuerpo de oscurecimiento comprende varios cuerpos de oscurecimiento, los cuerpos de oscurecimiento individuales pueden estar alineados de tal manera que todas sus caras superiores se encuentran en el mismo plano y están o no inclinadas con respecto a la horizontal. Sin embargo, también es posible que los cuerpos de oscurecimiento individuales estén inclinados cada uno con su respectiva cara superior formando el mismo ángulo con respecto a la horizontal, de modo que las caras superiores de los cuerpos de oscurecimiento individuales están dispuestas paralelas entre sí. También es concebible que los cuerpos de oscurecimiento individuales estén inclinados formando ángulos diferentes con respecto a la horizontal.

Según un refinamiento adicional, el al menos un cuerpo de oscurecimiento comprende una lámina negra. Preferiblemente, se trata de una lámina térmica con la que se cubre la cara superior del al menos un cuerpo de oscurecimiento. El albedo de esta lámina negra está preferiblemente dentro del intervalo mencionado anteriormente (menos de 0,1, preferiblemente menos de 0,05, lo más preferiblemente menos de 0,03).

Según un refinamiento adicional, el cuerpo de oscurecimiento comprende al menos un panel fotovoltaico.

Tales paneles fotovoltaicos también tienen un albedo muy bajo. Por lo tanto, los paneles fotovoltaicos pueden disponerse encima de los cuerpos de oscurecimiento en lugar de la película negra mencionada anteriormente. Sin embargo, también es posible usar tanto cuerpos de oscurecimiento con una película negra como cuerpos de oscurecimiento con un panel fotovoltaico. Esto es particularmente ventajoso desde el punto de vista del coste, ya que un uso a gran escala de dispositivos de oscurecimiento con paneles fotovoltaicos será muy costoso.

El uso de dispositivos de oscurecimiento con un panel fotovoltaico tiene la ventaja de que, además de la producción de agua dulce, se puede generar electricidad al mismo tiempo con el aparato según la invención. Esto es particularmente ventajoso si el al menos un cuerpo de oscurecimiento comprende al menos un elemento de calentamiento. En tal caso, el elemento de calentamiento puede hacerse funcionar mediante la energía producida por el al menos un panel fotovoltaico.

Según un refinamiento adicional, el al menos un elemento de calentamiento está acoplado al al menos un panel fotovoltaico. Por tanto, el efecto de calentamiento que emana del aparato según la invención puede mejorarse adicionalmente sin requerir un suministro de energía externo (excepto energía solar).

Según un refinamiento adicional, el aparato comprende un módulo de pronóstico del tiempo y una unidad de control, en el que el módulo de pronóstico del tiempo está configurado para determinar un pronóstico meteorológico basándose en una pluralidad de parámetros meteorológicos, y en el que la unidad de control está configurada para controlar el al menos un elemento de calentamiento basándose en el pronóstico meteorológico.

Los efectos que van a lograrse con el uso de un aparato según la presente invención, a saber, la generación de una depresión térmica artificial, así como la generación o intensificación de precipitación, sólo pueden generarse en días específicos al año. Sin embargo, investigaciones científicas de los inventores han demostrado que es posible predecir situaciones climáticas en las que pueden lograrse estos efectos basándose en parámetros meteorológicos.

En la publicación anteriormente mencionada de los dos inventores, se presenta un índice correspondiente para este fin, en el que dicho índice permite predecir el aumento de precipitación producido por el aparato según la invención, de tal manera que es técnicamente posible prepararse para el evento de precipitación y optimizar la recogida de precipitación (véase Branch, O. y Wulfmeyer, V.: "Deliberate enhancement of rainfall using desert plantations", PNAS, vol. 116, n.º 38, págs. 18841-18847, septiembre de 2019). Este índice puede usarse dentro del módulo de pronóstico del tiempo anteriormente mencionado para determinar un pronóstico meteorológico correspondiente. La unidad de control anteriormente mencionada puede estar configurada para controlar el elemento de calentamiento y el panel fotovoltaico dependiendo del pronóstico meteorológico, de tal manera que el al menos un elemento de calentamiento y el panel fotovoltaico sólo se enciendan si puede esperarse la probabilidad de generación de precipitación con el uso de un aparato según la invención basándose en la situación meteorológica actual.

Los parámetros meteorológicos necesarios para la determinación del pronóstico meteorológico pueden obtenerse o bien a través de una unidad de recepción de datos apropiada desde una red de datos, por ejemplo Internet, o bien mediante radiodifusión. Alternativamente, es posible que el módulo de pronóstico del tiempo comprenda varios sensores que están configurados para detectar los parámetros meteorológicos correspondientes. Esto proporciona la ventaja de un sistema cerrado autosuficiente.

Ni que decir tiene que las características mencionadas anteriormente y las que aún no se han explicado pueden usarse no sólo en la combinación indicada en cada caso, sino también en otras combinaciones o de forma aislada, sin apartarse del alcance de la presente invención.

También se entiende que las características definidas en las reivindicaciones dependientes pueden hacer referencia no sólo al uso de un aparato según la invención, sino también de manera correspondiente al método reivindicado.

Realizaciones de la invención se ilustran en los dibujos y se explican a continuación con más detalle. En los dibujos la figura 1 muestra una vista en planta esquemática desde arriba de una primera realización del aparato para su uso en la presente invención;

la figura 2 muestra una vista en planta esquemática desde arriba de una segunda realización del aparato para su uso en la presente invención;

la figura 3 muestra una vista en sección esquemática de una parte de la primera realización mostrada en la figura 1;

las figuras 4A-4C muestran bocetos esquemáticos que muestran diversas disposiciones a modo de ejemplo de los cuerpos de oscurecimiento del aparato presentado en el presente documento;

la figura 5 muestra un diagrama de bloques esquemático que ilustra la interacción de varios componentes del aparato según la realización; y

la figura 6 muestra un diagrama de flujo esquemático para ilustrar una realización del método según la presente invención.

La figura 1 muestra una primera realización del aparato para su uso en la presente invención en una vista en planta esquemática desde arriba. El aparato se designa en su totalidad con el número de referencia 10.

El aparato 10, que también puede describirse como un reactor/generador de nubes y precipitación, tiene una gran superficie de oscurecimiento 12, que está formada por una pluralidad de grandes cuerpos de oscurecimiento 14. La figura 1 muestra esquemáticamente doce cuerpos de oscurecimiento 14 de este tipo, que están dispuestos unos junto a otros en una especie de disposición matricial y juntos forman una gran superficie de oscurecimiento rectangular 12. En la realización mostrada en la figura 1, cada cuerpo de oscurecimiento 14 también es rectangular o cuadrado.

La forma y el tipo de disposición de los cuerpos de oscurecimiento 14, como se muestra en la figura 1, sólo es uno de muchos ejemplos posibles para realizar la presente invención en la práctica. En lugar de un diseño rectangular, los cuerpos de oscurecimiento 14 individuales también pueden ser redondos, triangulares o poligonales, sin apartarse del alcance de la presente invención. La forma de la superficie de oscurecimiento 12 que está formada conjuntamente por los cuerpos de oscurecimiento 14 también puede variar según la presente invención. Asimismo, es posible que el aparato 10 comprenda sólo un único cuerpo de oscurecimiento 14 que tiene un área de superficie muy grande y, por lo tanto, forma por sí solo la superficie de oscurecimiento 12.

Independientemente del diseño de los cuerpos de oscurecimiento 14 e independientemente de la forma de la superficie de oscurecimiento 12, la superficie de oscurecimiento 12 cubre un área de varios km<sup>2</sup>. Preferiblemente, la superficie de oscurecimiento 12 tiene un tamaño de al menos 5 km<sup>2</sup>, lo más preferiblemente de al menos 10 km<sup>2</sup>. También se prefiere que al menos una dimensión, es decir, la longitud l y/o la anchura b, sea de al menos 3 km, lo más preferiblemente de al menos 5 km.

La superficie de oscurecimiento 12 se usa para oscurecer la superficie de soporte 16 sobre la que está colocado el aparato 10. Dado que el aparato 10 se usa en regiones áridas, la superficie de soporte 16 es preferiblemente terreno

desértico, que se oscurece mediante los cuerpos de oscurecimiento 14.

Según la primera realización mostrada en la figura 1, los cuerpos de oscurecimiento 14 individuales están recubiertos con una lámina térmica 20 oscura, preferiblemente negra. La lámina térmica 20 tiene un albedo muy bajo, que es preferiblemente de menos de 0,1 para luz visible. El albedo de la lámina térmica 20 debe seleccionarse de tal manera que el albedo de toda la superficie de oscurecimiento 12 formada por los cuerpos de oscurecimiento 14 sea de menos de 0,1 para luz visible, preferiblemente menos de 0,05 y lo más preferiblemente menos de 0,03.

La lámina térmica 20 está dispuesta en la cara superior 18 de los cuerpos de oscurecimiento 14, que está orientada en sentido contrario a la superficie de soporte 16. Por consiguiente, la cara superior 18 está dirigida hacia el cielo.

Los cuerpos de oscurecimiento 14 tienen preferiblemente forma sustancialmente de placa y están soportados por un armazón de base 22 (véase la figura 3). Este armazón de base 22 está firmemente conectado al terreno, es decir, la superficie de soporte 16, mediante unos cimientos adecuados. Esto se puede realizar, por ejemplo, mediante anclajes apropiados o colocando el armazón de base 22 en hormigón.

El armazón de base 22 ayuda a mantener los cuerpos de oscurecimiento 14 individuales a una distancia de la superficie de soporte 16. Los cuerpos de oscurecimiento 14 están por tanto térmicamente desacoplados del terreno. Esto crea un espacio 24 entre la superficie de soporte 16 y los cuerpos de oscurecimiento 14 individuales. Este espacio 24 proporciona la ventaja de que se minimiza el flujo de calor entre los cuerpos de oscurecimiento 14 y la superficie de soporte 16.

Un sistema de recogida de precipitación 26 está dispuesto al menos parcialmente en el espacio 24. Sin embargo, partes de este sistema de recogida de precipitación 26 también pueden estar dispuestas fuera, por ejemplo, a los lados de la superficie de oscurecimiento 12. Una disposición del colector de precipitación 26 debajo de los cuerpos de oscurecimiento 14 proporciona la ventaja de que garantiza una recogida óptima de la precipitación que cae sobre el aparato 10. Además, el sistema de recogida de precipitación 26 está protegido y alojado en una zona oscurecida. No se calienta demasiado, por lo que la precipitación recogida apenas se evapora.

El sistema de recogida de precipitación 26 comprende un depósito de agua 28 y un canal de recogida de precipitación 30 que desemboca en el depósito de agua 28. Además, según la realización mostrada en la figura 3, el canal de recogida de precipitación 30 comprende varios subcanales 32, a través de los cuales el agua llega al canal de recogida de precipitación 30, para que pueda fluir desde allí al depósito de agua 28. Los subcanales 32 están dispuestos debajo de una pluralidad de aberturas 34 que se proporcionan en la superficie de oscurecimiento 12. Estas aberturas 34 pueden ser, por ejemplo, huecos proporcionados entre los cuerpos de oscurecimiento 14 individuales. La precipitación que cae sobre el aparato 10 puede filtrarse a través de estos huecos 34 y llegar al depósito de agua 28 a través del canal de recogida de precipitación 30. También es posible proporcionar aberturas individuales en los propios cuerpos de oscurecimiento 14 y luego dejar que los subcanales 32 desemboquen en estas aberturas o dejar que los subcanales 32 comiencen en estas aberturas.

El cuerpo de oscurecimiento 14 está preferiblemente inclinado con respecto a la horizontal, como se indica mediante el ángulo  $\alpha$  en la figura 3. Esta inclinación simplifica el drenaje del agua al depósito de agua 28. Dependiendo de la realización, esta inclinación tiene un ángulo máximo  $\alpha$  de 5°. De lo contrario, la altura del aparato 10 en el extremo derecho mostrado en la figura 3 sería demasiado grande. Este será particularmente el caso si toda la superficie de oscurecimiento 12 está formada por un único cuerpo de oscurecimiento 14.

Las figuras 4A-4C muestran posibles disposiciones de los cuerpos de oscurecimiento 14 individuales. Sin embargo, las realizaciones mostradas en las mismas son sólo tres de una multitud de disposiciones posibles. Por ejemplo, los cuerpos de oscurecimiento 14 puede estar inclinados cada uno formando el mismo ángulo con respecto a la horizontal, de modo que sus caras superiores 18 están alineadas en paralelo entre sí (véase la figura 4A). También es posible alinear los cuerpos de oscurecimiento 14 en sentidos opuestos o formando ángulos diferentes con respecto a la horizontal (véase la figura 4B). Otra posibilidad es alinear los cuerpos de oscurecimiento 14 horizontalmente (véase la figura 4C). Incluso en tal caso, el drenaje de agua puede gestionarse disponiendo al menos partes del canal de recogida de precipitación 30 debajo de los cuerpos de oscurecimiento 14 formando un ángulo con respecto a la horizontal.

La figura 6 ilustra esquemáticamente una realización del método según la presente invención y, por lo tanto, un posible uso del aparato 10 según la presente invención. Los cuerpos de oscurecimiento 14 proporcionan un oscurecimiento pasivo de la superficie de soporte 16 (véase el número de referencia 36). La superficie de oscurecimiento 12 o los cuerpos de oscurecimiento 14 absorben la energía del sol y se calientan (véase el número de referencia 38). El oscurecimiento pasivo de la superficie de soporte 16 significa que no se requiere ninguna entrada de energía adicional en los cuerpos de oscurecimiento 14. La energía adicional requerida para calentar la superficie de oscurecimiento 12 se suministra únicamente por el sol. Como resultado, se calienta la masa de aire por encima del aparato 10 (véase el número de referencia 40). Esto crea una depresión térmica local en el área por encima del aparato 10 (véase el número de referencia 42). Al mismo tiempo, el aparato 10 cambia la rugosidad/fricción macroscópica de la superficie de soporte 16, que se modifica por el accesorio 10 (véase el número de referencia 44). Debido a dicho calentamiento y fricción de superficie modificada, se crea una deformación

- del campo de viento y una sustentación a gran escala, lo cual conduce a la formación de una zona de convergencia por encima o en el lado de sotavento del aparato 10 (véase número de referencia 46). Más precisamente, la depresión térmica desestabiliza la masa de aire por encima del aparato 10 y, por otra parte, el calentamiento y la fricción de superficie modificada modifican cambian el flujo de aire por encima del aparato 10 de modo que se forma la zona de convergencia mencionada. Esta combinación de sustentación y convergencia crea un movimiento vertical de aire que puede atravesar las barreras atmosféricas y conducir a una convección de gran alcance (véanse los signos de referencia 48, 50). Si la extensión vertical de la nube es lo suficientemente alta, se libera una cantidad significativa de precipitación (véase el número de referencia 52).
- El aparato 10 influye así en la dinámica y en la termodinámica de la atmósfera de la manera mencionada anteriormente en un área grande. El aparato 10 genera deformaciones del campo de viento y áreas de sustentación, que rompen la subsidencia atmosférica y producen nubes de gran alcance y finalmente precipitación. Esta precipitación puede recogerse y almacenarse de la forma anteriormente mencionada mediante el sistema de recogida de precipitación 26.
- Los efectos mencionados anteriormente pueden mejorarse aún más en realizaciones adicionales de la presente invención. Las figuras 2 y 5 muestran una segunda realización. Además de los cuerpos de oscurecimiento 14 recubiertos con una lámina térmica oscura 20, el aparato 10' comprende cuerpos de oscurecimiento 14' que comprenden un panel fotovoltaico 54. Además, el aparato 10' comprende cuerpos de oscurecimiento 14'' que están dotados de un elemento de calentamiento 56. Los paneles fotovoltaicos 54, además de su función de oscurecimiento, pueden generar electricidad, que se usa, por ejemplo, para hacer funcionar los elementos de calentamiento 56. De esta forma, los cuerpos de oscurecimiento 14'' pueden calentarse aún más para potenciar los efectos anteriormente mencionados.
- El aparato 10' en esta realización comprende además una unidad de control 58 y un módulo de pronóstico del tiempo 60. El módulo de pronóstico del tiempo 60 está configurado para determinar un pronóstico meteorológico basándose en varios parámetros meteorológicos, con el fin de poder determinar en qué días o en qué horarios están realmente presentes las condiciones meteorológicas para activar el método de generación de precipitación mostrado esquemáticamente en figura 6. Los inventores ya han desarrollado un índice correspondiente para un pronóstico del tiempo de este tipo. Este índice se describe en la publicación mencionada al principio (Branch, O. y Wulfmeyer, V.: "Deliberate enhancement of rainfall using desert plantations", Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), vol. 116, n.º 38, págs. 18841-18847, septiembre de 2019). El índice para predecir los eventos meteorológicos correspondientes usa varios parámetros meteorológicos, tales como la temperatura y la presión. Para recibir estos parámetros meteorológicos, el módulo de pronóstico del tiempo 60 comprende una unidad de recepción de datos 62 que recibe estos parámetros o bien desde una red de datos 64 (por ejemplo, Internet) o bien desde sensores 66 ubicados en o cerca del aparato 10'. En otras palabras, los parámetros meteorológicos necesarios para el cálculo del pronóstico pueden o bien proporcionarse de manera externa al aparato 10' mediante servicios meteorológicos o bien medirse por el propio aparato 10' usando sensores 66 adecuados.
- Además, el uso del aparato 10' según la invención también puede combinarse con la construcción de una plantación 68, que se coloca junto a, o en las proximidades de, la superficie de oscurecimiento 12 (véase la figura 2). Por supuesto, la plantación 68 también puede ser una plantación existente, junto a la cual se construye el aparato 10' para uso en la invención.
- La instalación del aparato 10 o 10' junto a una plantación 68 proporciona la ventaja de que, debido a la plantación 68, se crea un mayor oscurecimiento en comparación con el terreno desértico regular 16'. Además, la precipitación producida por el aparato 10, 10' puede usarse para regar la plantación 68.
- El uso presentado en el presente documento de un aparato también puede combinarse con superficies orográficas o superficies elevadas (colinas, montañas, etc.), que o bien se crean artificialmente o bien existen de forma natural. Esto puede aumentar aún más la formación de precipitación.



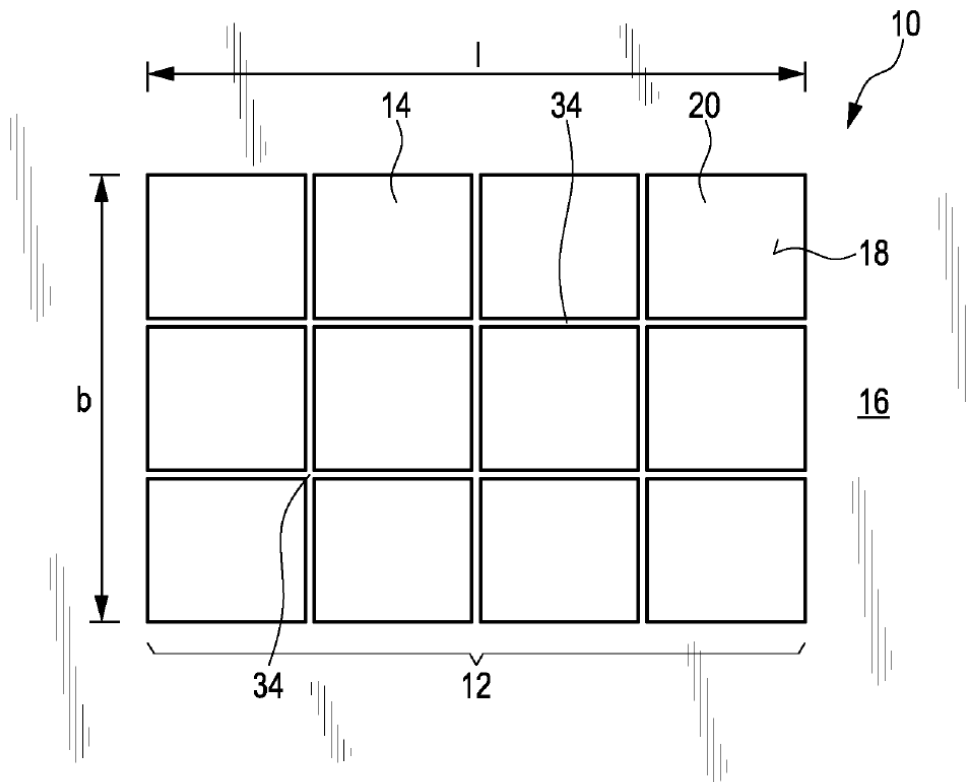
## REIVINDICACIONES

1. Uso de un aparato (10) sobre un terreno en una región semiárida, árida o extremadamente árida para obtener agua dulce mediante generación artificial de una precipitación, en el que el aparato (10) comprende:
  - 5 - al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) que forma una superficie de oscurecimiento (12) que tiene una anchura y/o una longitud de al menos 3 km y un albedo de menos de 0,1, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) comprende sólo uno de tales cuerpos de oscurecimiento (14) que forma dicha superficie de oscurecimiento (12) o una pluralidad de tales cuerpos de oscurecimiento (14) que están dispuestos unos al lado de otros y juntos forman dicha superficie de oscurecimiento (12);
  - 10 - al menos un armazón de base (22) que está configurado para soportar el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) y para mantener el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) separado de una superficie de soporte (16) para formar un espacio (24) entre la superficie de soporte (16) y el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14), en el que la superficie de soporte (16) es el terreno sobre el cual está dispuesto el armazón de base (22), y
  - 15 - un sistema de recogida de precipitación (26) que está dispuesto al menos parcialmente dentro del espacio (24) y configurado para recoger y almacenar la precipitación que cae sobre la superficie de oscurecimiento (12), en el que el sistema de recogida de precipitación (26) comprende al menos un depósito de agua (28) y al menos un canal de recogida de precipitación (30) que está conectado por conexión de fluido a dicho al menos un depósito de agua (28).
- 20 2. El uso del aparato según la reivindicación 1, en el que el albedo de la superficie de oscurecimiento (12) para la luz visible es de menos de 0,05, preferiblemente menos de 0,03.
3. El uso del aparato según la reivindicación 1 o 2, en el que la superficie de oscurecimiento (12) tiene un tamaño de al menos 5 km<sup>2</sup>; preferiblemente de al menos 10 km<sup>2</sup>.
- 25 4. El uso del aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que se proporciona al menos una abertura (34) en el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14), abertura (34) que desemboca en el al menos un canal de recogida de precipitación (30).
5. El uso del aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) comprende una lámina negra (20).
- 30 6. El uso del aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) comprende al menos un panel fotovoltaico (54).
7. El uso del aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) comprende al menos un elemento de calentamiento (56).
8. El uso del aparato según las reivindicaciones 6 y 7, en el que el al menos un elemento de calentamiento (56) está acoplado a dicho al menos un panel fotovoltaico (54).
- 35 9. El uso del aparato según la reivindicación 8, que comprende además:
  - un módulo de pronóstico del tiempo (60) que está configurado para determinar un pronóstico meteorológico basándose en una pluralidad de parámetros meteorológicos; y
  - una unidad de control (58) que está configurada para controlar el al menos un elemento de calentamiento (56) basándose en el pronóstico meteorológico.
- 40 10. El uso del aparato según la reivindicación 9, en el que el módulo de pronóstico del tiempo (60) comprende una unidad de recepción de datos (62) que está configurada para recibir los parámetros meteorológicos desde una red (64) o mediante radiodifusión.
- 45 11. El uso del aparato según la reivindicación 9 o 10, en el que el módulo de pronóstico del tiempo (60) comprende una pluralidad de sensores (66) que están configurados para detectar los parámetros meteorológicos.
12. El uso del aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) está orientado horizontalmente o inclinado formando un ángulo de menos de o igual a 5° con respecto a la horizontal.
- 50 13. Un método para obtener agua dulce mediante generación artificial de una precipitación, que comprende las etapas de:

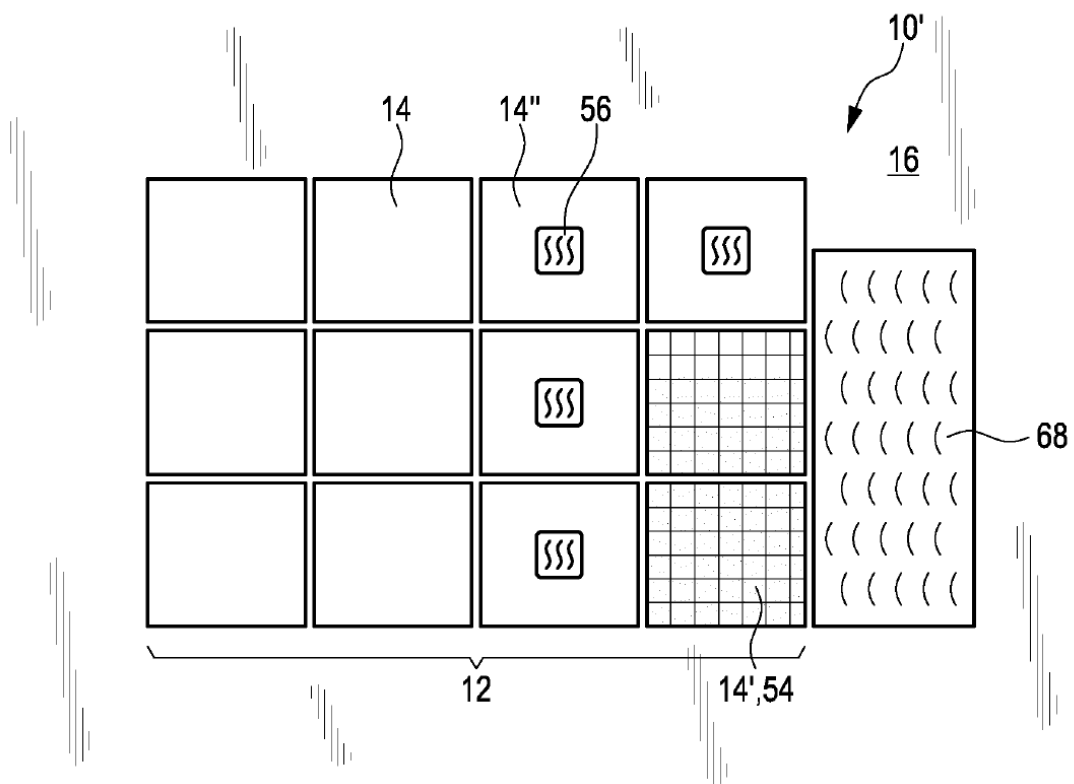
- proporcionar al menos un cuerpo de oscurecimiento (14);

- disponer el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) sobre una superficie de soporte (16), que es un terreno en una región semiárida, árida o extremadamente árida, para formar una superficie de oscurecimiento (12) que tiene una anchura y/o una longitud de al menos 3 km y un albedo de menos de 0,1, en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) comprende sólo uno de tales cuerpos de oscurecimiento (14) que forma dicha superficie de oscurecimiento (12) o una pluralidad de tales cuerpos de oscurecimiento (14) que están dispuestos unos al lado de otros y juntos forman dicha superficie de oscurecimiento (12), y en el que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) está soportado mediante al menos un armazón de base (22), de tal manera que el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14) se mantiene separado de la superficie de soporte (16) para formar un espacio (24) entre la superficie de soporte (16) y el al menos un cuerpo de oscurecimiento (14), y de tal manera que se genera una depresión térmica local que desestabiliza la masa de aire sobre la superficie de oscurecimiento (12) y genera un cambio en el flujo de aire sobre la superficie de oscurecimiento (12), cambio en el flujo de aire que conduce a una zona de convergencia por encima o sobre un lado alejado del viento de la superficie de oscurecimiento (12) y, en última instancia, a la generación artificial de precipitación que cae al menos parcialmente sobre la superficie de oscurecimiento (12), y

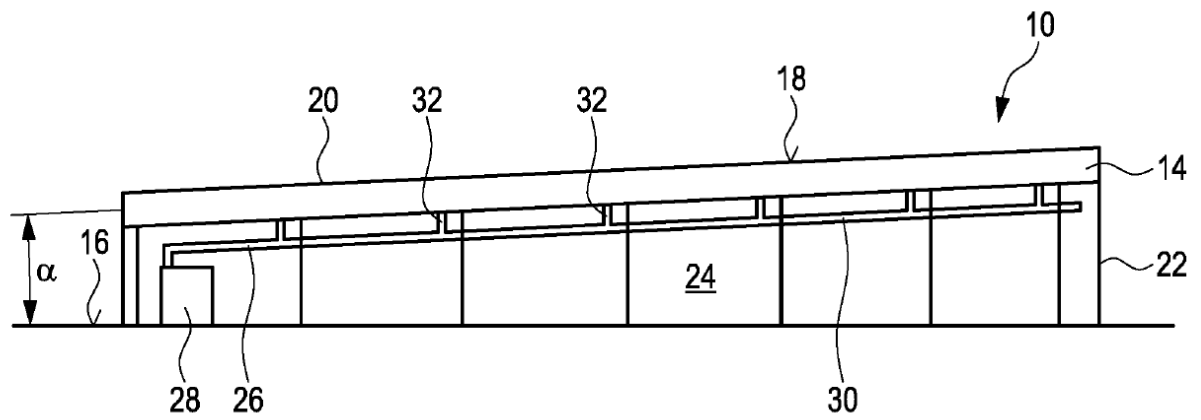
- recoger y almacenar la precipitación mediante un sistema de recogida de precipitación (26) que está dispuesto al menos parcialmente dentro del espacio (24) y configurado para recoger y almacenar la precipitación que cae sobre la superficie de oscurecimiento (12), en el que el sistema de recogida de precipitación (26) comprende al menos un depósito de agua (28) y al menos un canal de recogida de precipitación (30) que está conectado por conexión de fluido a dicho al menos un depósito de agua (28).



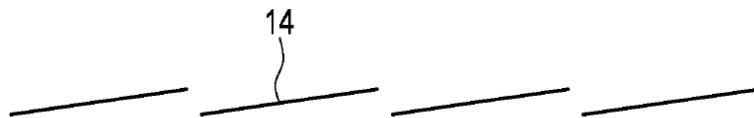
**Fig. 1**



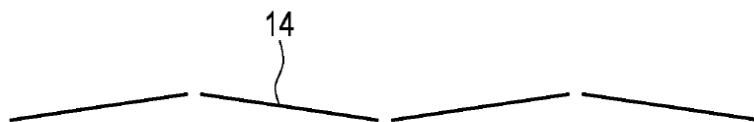
**Fig. 2**



**Fig. 3**



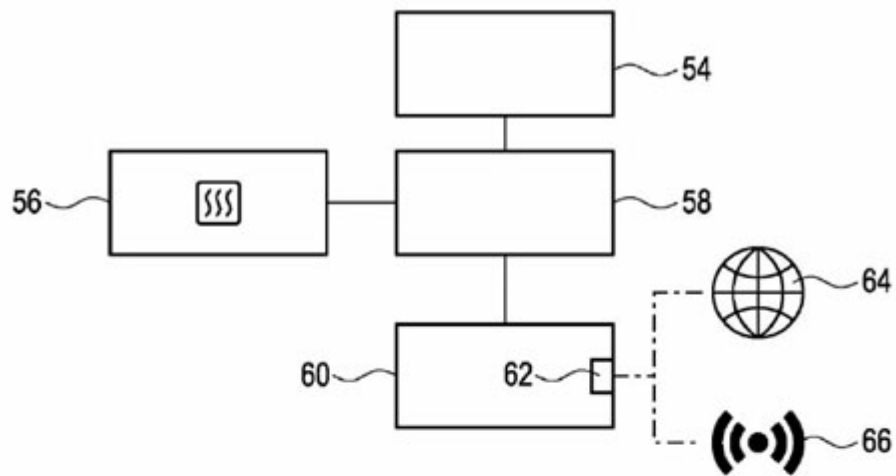
**Fig. 4A**



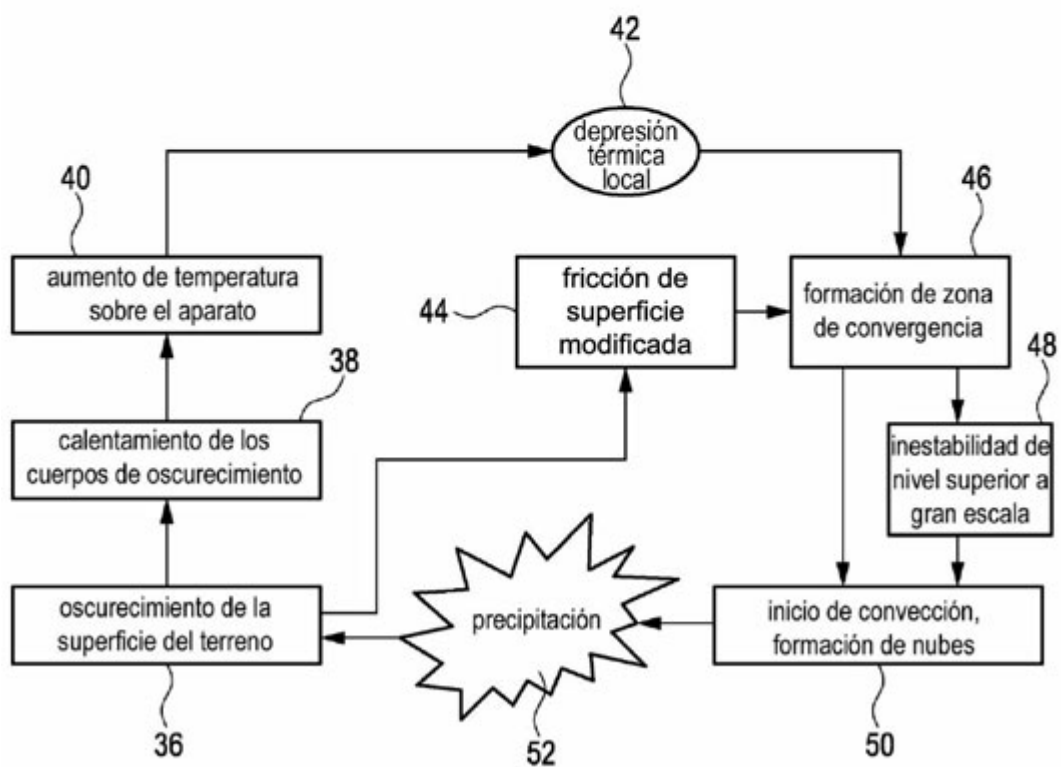
**Fig. 4B**



**Fig. 4C**



**Fig. 5**



**Fig. 6**