

2026

EL HACEDOR DE LLUVIA

Método para desencadenar la lluvia

Tras la aplicación de este procedimiento cayó lluvia incluso en algunas de las regiones más secas del mundo



La imagen muestra una unidad móvil de pulverización con boquillas anulares, directamente junto a una masa de agua

Procedimiento, técnica y antecedentes
Versión 2026

Jonathan Hertig

Acompañamiento del proyecto, desarrollo y marketing
Schützenfahrstrasse 18, 3115 Gerzensee (Suiza)
jonathan.hertig@bluewin.ch
+41 79 758 89 42



Prólogo – Por qué he elaborado esta documentación

Hace unos 25 a 30 años vi en la televisión un programa que hasta hoy no me ha abandonado. En ese programa se mostraba a un equipo de investigadores que, en una región desértica, había instalado varios tubos metálicos de aproximadamente seis a nueve metros de altura. En el extremo superior de estos tubos se encontraban boquillas pulverizadoras muy finas. El agua, posiblemente agua de mar, era bombeada hacia arriba a través de los tubos y allí finamente pulverizada. Una gran parte del agua se evaporaba ya en el aire. Después de que este procedimiento se hubiera aplicado durante cierto tiempo, se podía ver en el programa que en la región en cuestión comenzaba a llover. La sencillez de este planteamiento me impresionó mucho en aquel momento.

Durante muchos años, este recuerdo permaneció en un segundo plano. Sin embargo, en los últimos años ha adquirido para mí una nueva urgencia. La creciente escasez de lluvias, así como los periodos de sequía y calor cada vez más largos en España y en gran parte de Europa, me preocupan mucho. En particular el verano de 2026 ha reforzado aún más esta preocupación: según la Agencia Estatal de Meteorología AEMET, fue extraordinariamente caluroso y a la vez muy seco; en la España peninsular cayeron de media solo 39,6 mm de precipitación, alrededor del 56 % del valor normal. Las consecuencias se manifiestan especialmente en la disponibilidad de agua, en la agricultura de regadío, en los suelos resecos, en los bosques y superficies de vegetación sometidos a estrés hídrico, así como en un mayor peligro de incendios forestales. También el caudal de los ríos se ve afectado. Sin embargo, para el transporte de mercancías esto no tiene en España la misma importancia a escala nacional que, por ejemplo, en el Rin; una excepción importante la constituye el Guadalquivir, con la conexión navegable hasta el puerto de Sevilla. ^[1, 2, 18, 19, 20]

A raíz de esta preocupación volví a recordar aquel programa de televisión y comencé a buscar de forma específica en Internet procedimientos comparables. Así di con el suizo Hans Hangartner y su «procedimiento para provocar la lluvia». Para mi sorpresa, encontré indicios de que Hangartner había aplicado su método con mucho éxito durante muchos años en diversas regiones muy secas del mundo. Me llamó especialmente la atención su ensayo en el estado indio de Guyarat en el año 1988, donde, tras años de sequía, volvieron a producirse fuertes lluvias durante su estancia. ^[3, 5, 6]

Este descubrimiento fue para mí el verdadero motivo para reunir la información disponible y elaborar la presente documentación «El Hacedor de lluvia». Mi objetivo es presentar el procedimiento de forma comprensible, documentar los trabajos y ensayos de campo de Hans Hangartner, reunir fuentes históricas y datos pluviométricos y, al mismo tiempo, mostrar cómo podría construirse hoy una instalación experimental móvil.

En el centro está para mí una pregunta sencilla pero importante: si un procedimiento de este tipo se aplicó en algunas de las regiones más secas del mundo y después comenzó a llover repetidamente, ¿por qué no debería examinarse y aplicarse también en España en las condiciones climáticas actuales? Desde aquellos ensayos, tanto el clima como las posibilidades técnicas y meteorológicas han cambiado considerablemente. Por ello, desde mi punto de vista, no deberíamos detenernos demasiado en la cuestión teórica de si el procedimiento es posible o no. Lo decisivo sería iniciar el ensayo en las condiciones actuales con acompañamiento científico y observar lo que realmente sucede. Solo un ensayo de campo práctico puede mostrar qué efecto se produce en condiciones reales. Si se demostrara que el procedimiento funciona, su utilidad para la agricultura, los bosques, los ríos, los embalses y el abastecimiento de agua y, no en último lugar, para la lucha contra el calentamiento global podría ser de gran importancia. ¿Quién no lo conoce – el efecto extraordinariamente agradable del enfriamiento cuando, tras un periodo prolongado de calor o sequía, por fin llega una lluvia persistente? En muy poco tiempo las temperaturas ambientales descienden notablemente y, no en último lugar, también el suelo, antes fuertemente recalentado, se enfría de forma perceptible. Puedo imaginar perfectamente que precisamente este procedimiento de “hacer llover” podría contribuir, mediante lluvias desencadenadas de forma específica, no solo a evitar periodos de calor y sequía, sino también a contrarrestar el creciente calentamiento global.

Índice

Tiempo estimado de lectura del Prólogo a Conclusión y perspectivas: aprox. 17 minutos

Prólogo – Por qué he elaborado esta documentación	2
1. Introducción – Cambios climáticos en España y en Europa	4
2. Origen del procedimiento – Hans Hangartner	6
3. Ensayos de campo y el experimento en Guyarat, India (1988)	7
4. Petición a la política, la ciencia, la economía y las asociaciones – Propuesta de un proyecto piloto	9
5. Diferentes variantes constructivas de la unidad de boquillas pulverizadoras.....	10
6. Conclusión y perspectivas	14
7. El procedimiento «hacer llover» – Principio básico	16
8. Antecedentes meteorológicos	20
9. Fuentes y referencias	21

1. Introducción – Cambios climáticos en España y en Europa

España y gran parte de Europa experimentan desde hace algunos años un desplazamiento perceptible del clima. Los periodos de sequía y el calor intenso representan un gran desafío, especialmente en las regiones de España con escasas precipitaciones. Según la AEMET, el verano de 2026 fue extraordinariamente caluroso y muy seco: en la España peninsular cayeron de media 39,6 mm de precipitación, el 56 % del valor normal; fue así el tercer verano más seco desde el inicio de la serie en 1961.^[1, 2]

Esta evolución se hace especialmente visible en los ríos, los embalses y las reservas hídricas regionales. Sin embargo, España no dispone de una red de navegación interior de mercancías comparable a la del Rin o el Danubio. Una excepción importante es el Guadalquivir: la Eurovía, de unos 90 kilómetros de longitud, une el Atlántico con el puerto de Sevilla, el único puerto marítimo de interior de España, en el que se manipulan, entre otros, productos agrícolas, fertilizantes, productos siderúrgicos y contenedores. Por ello, para España la escasez de agua es importante sobre todo para el abastecimiento, el regadío y los ecosistemas; el transporte fluvial de mercancías solo tiene relevancia regional.^[2, 19]

También la agricultura se ve directamente afectada. En España, la agricultura de regadío tiene una importancia extraordinariamente grande, porque las precipitaciones están distribuidas de forma irregular y el agua limita la producción en muchas regiones. En 2021 se regaron unos 3,86 millones de hectáreas; correspondían aproximadamente al 22,9 % de la superficie cultivada, pero aportaban alrededor del 65 % de la producción final vegetal. Por ello, los periodos de sequía prolongados pueden influir directamente en los rendimientos, los costes de producción y la disponibilidad de agua de riego.^[18]

La sequía persistente aumenta además el peligro de incendios forestales. Las altas temperaturas, la baja humedad del aire y del suelo, la falta de precipitaciones y la vegetación seca favorecen la aparición y la propagación de incendios. Por ello, en 2026 la AEMET introdujo un índice de peligro de incendios forestales perfeccionado que, además de la temperatura, la humedad del aire, el viento y la precipitación, tiene en cuenta también el estado de la vegetación y la humedad del suelo.^[20]

Con ello, también la cuestión de las reservas hídricas cobra cada vez más importancia. El Ministerio para la Transición Ecológica de España vigila de forma continua la sequía y la escasez de agua en cada una de las demarcaciones hidrográficas. El 15 de septiembre de 2026, los embalses se encontraban a nivel nacional al 61,8 % de su capacidad; sin embargo, existían claras diferencias regionales, por ejemplo con un 49,8 % en la cuenca del Ebro, un 52,8 % en la del Segura y un 52,9 % en la del Júcar.^[2]

Además de la agricultura, la naturaleza y el abastecimiento de agua, también la población pasa al centro de la atención. El Ministerio de Sanidad de España mantiene un plan nacional de prevención frente a los efectos de las altas temperaturas. Especialmente vulnerables son las personas mayores, las personas con enfermedades crónicas y otros grupos vulnerables. Para 2026 se actualizaron de nuevo los umbrales de alerta sanitaria, con el fin de reducir las enfermedades y las muertes relacionadas con los periodos de calor.^[21]

Ante este trasfondo, cobra importancia la cuestión de si y cómo podría apoyarse de forma específica la formación de precipitaciones en periodos de sequía. ¿O sería incluso concebible que durante tales periodos secos se pudieran “generar” de forma específica precipitaciones o bien lluvia? La presente documentación presenta un procedimiento que existe desde hace décadas, pero que hasta ahora nunca ha sido probado ni aplicado de forma sistemática y con acompañamiento científico:

El denominado «hacer llover» mediante una unidad móvil de boquillas pulverizadoras.

2. Origen del procedimiento – Hans Hangartner

El procedimiento aquí presentado se remonta al suizo Hans Hangartner, nacido en 1921 como hijo de un ordeñador suizo emigrado a la Transilvania rumana. A los doce años llegó con su familia a Suiza, donde la familia vivió temporalmente en gran pobreza. Hangartner trabajó en el sector de la construcción de maquinaria, pero durante toda su vida fue un inventor autodidacta con un marcado interés por los fenómenos naturales.^[4, 5]

Según sus propias declaraciones, se ocupó intensamente de las térmicas, la física de la evaporación, los mapas meteorológicos, así como de las corrientes de viento y marinas. Según su propia afirmación, recibió un impulso decisivo en el año 1977 a través de conocimientos de la física del frío en la producción de hielo, que le condujeron a la idea básica de su posterior procedimiento.^[4, 5]

El 1 de junio de 1989, Hangartner presentó en el Instituto Federal de la Propiedad Intelectual la patente CH 679 262 A5 con el título «Procedimiento y dispositivo para provocar la lluvia». La patente fue concedida el 31 de enero de 1992. Describe tanto el procedimiento – la evaporación de agua de mar pulverizada en aire cálido y seco para estimular la precipitación – como un dispositivo correspondiente, fácilmente transportable.^[3]

Hangartner no se limitó a la mera solicitud de la patente, sino que probó su procedimiento en la práctica durante décadas – y ello en algunos de los lugares más secos del mundo. Sus misiones lo llevaron, entre otros lugares, a Marruecos, Mauritania, Israel, Túnez, Togo, Namibia, a la zona del Sahel de África occidental, así como a la India. Para gran alegría de la población, después comenzaba efectivamente a llover en cada ocasión. Los especialistas locales confirmaron sin excepción estos episodios de precipitación – si bien no pudo aclararse científicamente de forma concluyente si podían atribuirse causalmente al experimento del Hacedor de lluvia. Sin embargo, una cosa es segura:

La lluvia cayó y la relación temporal entre el experimento y la precipitación siguió siendo llamativa y notable.^[4, 5]

No sé si fueron las dudas recurrentes de los especialistas sobre la eficacia de su procedimiento las que movieron a Hans Hangartner, en junio de 1988, a aventurarse de nuevo en el estado indio de Gujarat – una región en la que, de forma comprobada, reinó una fuerte sequía de 1985 a 1988 – para demostrar allí una vez más que su método realmente puede generar lluvia. El corresponsal del Tages-Anzeiger, que acompañó el experimento sobre el terreno, informó el 27 de julio de 1988 sobre la primera lluvia de verdad en cuatro años.^[5, 6, 7, 8]

Y, sin embargo, el merecido reconocimiento no le llegó en vida. Porque el problema de fondo sigue siendo el mismo: la lluvia no puede reproducirse en el laboratorio, y nunca pudo aportarse una prueba científica completa de que la precipitación se debiera causalmente al experimento de pulverización. Meteorólogos, científicos y autoridades cuestionaron una y otra vez los éxitos – no con malicia, pero sí con coherencia: nunca se podría descartar la casualidad.

Lo que queda es la imagen de un inventor suizo extraordinario que, con medios modestos y una fe inquebrantable, aplicó su procedimiento precisamente en zonas en las que otros hacía tiempo que se habían rendido – un hombre que allí donde iba - traía la lluvia - y que, sin embargo, nunca logró convencer al mundo de lo contrario de la casualidad.

3. Ensayos de campo y el experimento en Gujarat, India (1988)

Merece especial atención un ensayo de campo que Hangartner llevó a cabo a principios de julio de 1988 en Jamnagar, en el estado indio de Gujarat. Jamnagar se encuentra en una península del distrito de Saurashtra y en aquel momento estaba afectada por una sequía que ya duraba cuatro años y que había golpeado duramente a este estado, de por sí pobre y económicamente atrasado (unos 178'000 kilómetros cuadrados – lo que equivale aproximadamente a 4 veces la superficie de Suiza –, entonces con unos 40 millones de habitantes). La misión fue acompañada por el entonces corresponsal para China y Asia del «Tages-Anzeiger», H. B.; el corresponsal estuvo sobre el terreno y documentó periodísticamente el ensayo de campo junto con su esposa. [6, 7, 8]

La misión se hizo realidad a través del grupo industrial indio Tata, que invitó a Hangartner a Gujarat. El ensayo tuvo lugar en Jamnagar; en las cercanías, Tata Chemicals operaba una gran planta de producción. Los ingenieros y químicos de allí siguieron inicialmente el montaje de la instalación de Hangartner con un escepticismo manifiesto. [6]

**«Con desbordante alegría celebra la población la primera
lluvia de verdad en cuatro años.» [6]**

Tages-Anzeiger, 27 de julio de 1988

Tal como se describe en el artículo anterior, unas dos semanas después de la llegada de Hangartner, el 14 de julio de 1988, efectivamente comenzó a llover. Para esta misión, el suizo había llevado de nuevo únicamente su habitual equipo móvil de unos 150 - 180 kilogramos de peso – compuesto por un compresor, tubos de alta presión y mangueras –, con el que intentaba en cada ocasión influir en una zona de varios cientos de kilómetros cuadrados. Los cauces secos de los ríos se llenaron de agua en muy poco tiempo, de modo que las chozas construidas de forma provisional en las orillas tuvieron que ser desalojadas a toda prisa. Mientras los especialistas de Tata, inicialmente escépticos, reaccionaron visiblemente sorprendidos, la población de Jamnagar celebró con entusiasmo la lluvia que comenzaba: los jóvenes se dejaban empapar por la lluvia, los niños retozaban y las mujeres recogían agua de los charcos formados para cocinar. El propio Hangartner declaró no haber vivido nunca en toda su vida nada comparable. Las fuertes precipitaciones persistentes le obligaron finalmente incluso a aplazar dos días su vuelo de regreso a Suiza. [6]



Ein Zelt, ein 'Sprühständer' und eine Kompressorpumpe – und kurze Zeit darauf regnet es zum ersten Mal in Gujarat, Westindien.



Dispositivo de pulverización histórico de Hans Hangartner durante la misión en la India en julio de 1988. La sencilla construcción constaba de varios tubos de pulverización dispuestos en altura y se utilizaba para la fina pulverización del agua. [4]

También las estadísticas oficiales de precipitación de la autoridad meteorológica india para las regiones afectadas ofrecen una imagen clara: [7, 8]

Región	01.01.–31.12.1987	01.01.–30.06.1988	Tras el experimento: 01.07.–31.12.1988
Saurashtra y Kutch	92,5 mm	14,9 mm	773,2 mm
Estado de Guyarat	405 mm	75,6 mm	1'094,3 mm

Fuente: India Meteorological Department, imdpune.gov.in (Subdivisional Rainfall Data).

<https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html> (aprox. 30 s hasta que se abre el enlace)

<https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html> [7, 8]

Es notable la relación temporal: hasta finales de junio de 1988 seguía reinando en ambas regiones una extraordinaria escasez de precipitaciones y sequía, mientras que inmediatamente después del experimento, en la segunda mitad del año, siguió un periodo claramente más rico en precipitaciones. Una prueba científicamente inequívoca de que este cambio se debe realmente al experimento de pulverización es, por principio y por su propia naturaleza, difícil de aportar – un estudio comparativo completamente controlado exigiría repetir la misma situación meteorológica una vez con y otra vez sin pulverización, lo cual es prácticamente imposible. En cualquier caso, los datos estadísticos son un fuerte indicio del efecto del procedimiento, tanto más cuanto que las lluvias efectivamente comenzaron tras cuatro años de sequía persistente. Sin embargo, el argumento quizá más fuerte a favor de la eficacia del procedimiento de pulverización sigue siendo un patrón llamativo:

Allí donde Hangartner aplicó su procedimiento – en algunas de las regiones más secas del mundo – ¡cayó la lluvia! [4, 5]

Mientras que para el funcionamiento de la instalación durante 14 días se emplearon únicamente unos 42 m³ de agua, en la zona de Saurashtra y Kutch cayeron en el segundo semestre de 1988 773,2 mm de precipitación. Si se resta de ello la precipitación anual media de los 3,5 años anteriores, de 202,5 mm, quedan 570,7 mm de precipitación adicional. Sobre una superficie de unos 109'000 km², esto equivale a una cantidad de agua de unos **62,2 mil millones de m³**. [23]

4. Petición a la política, la ciencia, la economía y las asociaciones – Propuesta de un proyecto piloto

En vista de la evolución climática descrita al principio, desearía someter a su consideración el procedimiento para su examen. El punto de partida de la presente propuesta es la observación de que los periodos de sequía y calor en España y en Europa tienen consecuencias considerables para la disponibilidad de agua, la agricultura, los bosques y la población, y la pregunta que de ello se deriva de si, con un procedimiento comparativamente sencillo y técnicamente abaricable, podría favorecerse de forma específica la precipitación.

La propuesta consiste en que los organismos estatales competentes de España – eventualmente junto con las Comunidades Autónomas, la economía, la ciencia y las asociaciones – pongan en marcha un proyecto piloto con acompañamiento científico. En el centro no debería estar una aclaración teórica previa de varios años, sino la cuestión práctica de si en condiciones reales puede desencadenarse o al menos favorecerse realmente la precipitación.

Un ensayo piloto con acompañamiento científico en condiciones reales sería el siguiente paso lógico para examinar en la práctica el potencial del procedimiento del Hacedor de lluvia en España. Precisamente durante un periodo pronunciado de sequía y calor podrían registrarse y documentarse de forma exhaustiva las condiciones meteorológicas previas, el desarrollo de la pulverización, así como los posibles cambios en la humedad del aire, las corrientes de aire, la formación de nubes y la precipitación.

En ello, el acompañamiento científico debería apoyar y evaluar el ensayo práctico – pero sin retrasarlo innecesariamente mediante largos estudios previos, discusiones teóricas de principio o excesivos obstáculos administrativos. En un procedimiento técnicamente comparativamente sencillo y abaricable, debería ser posible aclarar con rapidez las condiciones de seguridad y marco necesarias y, a continuación, realizar un ensayo de campo bien documentado. Muchas de las cuestiones decisivas solo pueden responderse, en última instancia, en condiciones reales. Por ello, el objetivo debería ser: preparar cuidadosamente, acompañar científicamente – pero sobre todo probar.

Según la propuesta, una posible unidad experimental móvil para un proyecto piloto de este tipo podría constar de los siguientes componentes:

- un remolque con unidad de boquillas pulverizadoras y bomba de agua premontada, compresor y, en su caso, ventilador
- un segundo remolque con generador eléctrico para el suministro de la instalación de bombeo, ventilador
- las conducciones de agua necesarias, boquillas pulverizadoras, así como eventuales dispositivos de medición y control para el acompañamiento científico del ensayo

Ya un ensayo de este tipo podría aportar conocimientos importantes sobre qué efecto produce el procedimiento en las condiciones actuales y qué potencial encierra para una futura aplicación. Si se confirmara que con él pueden desencadenarse de forma específica o favorecerse sustancialmente las precipitaciones, las posibles repercusiones para la agricultura, los bosques, los ríos, los embalses, el regadío y el abastecimiento de agua y la gestión de los crecientes periodos de sequía serían de gran importancia.

Tengamos el valor de dejar de lado posibles prejuicios, patrones de pensamiento arraigados y dudas precipitadas, y de afrontar con apertura nuevos enfoques de solución. Precisamente ante los crecientes desafíos de la sequía, el calor, la escasez de agua y el calentamiento global, deberíamos actuar con apertura tecnológica y orientada a soluciones. El procedimiento del Hacedor de lluvia muestra que posiblemente ya con una tecnología comparativamente sencilla, económica y respetuosa con el medio ambiente se pueden lograr grandes cosas. Por ello, lo decisivo no debería ser si una idea parece inusual a primera vista, sino si funciona en condiciones reales y aporta un beneficio concreto. Tener el valor de examinar esto sin prejuicios y de probarlo en la práctica podría resultar mucho más importante de lo que hoy quizá podemos siquiera intuir.

5. Diferentes variantes constructivas de la unidad de boquillas pulverizadoras

Para la aplicación práctica del procedimiento son posibles diferentes formas constructivas móviles. En primer plano se encuentran tres variantes técnicas básicas: una unidad de pulverización con bomba de alta presión, una unidad de pulverización con bomba de agua e inyección combinada de aire comprimido, así como una versión con ventilador vertical adicional según un principio básico similar al de un cañón de nieve. Las siguientes formas constructivas muestran posibles variantes de construcción para un futuro prototipo.

Variante 1 – Unidad de boquillas pulverizadoras con bomba de alta presión

El agua se aspira de un lago, río o del mar, se filtra y se impulsa con una potente bomba de alta presión hacia el distribuidor y los tubos de pulverización. La presión de pulverización necesaria se genera íntegramente mediante la bomba de agua; las boquillas pulverizan el agua en gotas finas. Esta versión puede combinarse adicionalmente con uno o varios ventiladores orientados hacia arriba.

Ventajas: construcción sencilla; alto caudal de agua; menos componentes; menor esfuerzo de mantenimiento.

Desventajas: para una pulverización muy fina se requiere una presión de agua correspondientemente alta; el tamaño de las gotas depende en gran medida de la boquilla y de la presión. ^[13]

Variante 2 – Unidad de boquillas pulverizadoras con bomba e inyección de aire comprimido (compresor)

La bomba de agua impulsa el agua hacia boquillas bifluido o bien boquillas atomizadoras neumáticas; el compresor suministra el aire comprimido por separado. Solo en la boquilla o inmediatamente fuera de la boquilla se encuentran el aire y el agua. La rápida corriente de aire desgarrará el chorro de agua en gotas mucho más pequeñas. En determinadas boquillas bifluido bastan, por ejemplo, presiones de agua de aproximadamente 1–10 bar y presiones de aire de aproximadamente 1–15 bar. Según el sistema, son posibles gotas de hasta el rango de unos pocos micrómetros. También esta variante puede combinarse con un ventilador adicional.

Ventajas: pulverización muy fina y fácilmente regulable; menor presión de agua necesaria, tamaño de las gotas ajustable mediante la presión del agua y del aire.

Desventajas: se requieren un compresor y un sistema separado de conducción de aire; mayor consumo energético; técnicamente más complejo. ^[14, 15]

Variante 3 – Unidad de boquillas pulverizadoras con bomba, inyección de aire comprimido (compresor) y ventilador vertical

Esta forma constructiva combina la pulverización neumática con una corriente de aire dirigida hacia arriba y se basa técnicamente en el principio de un cañón de nieve. A diferencia de la producción de nieve, sin embargo, el agua no debe congelarse, sino distribuirse y evaporarse lo más finamente posible en el aire cálido. Uno o varios ventiladores verticales transportan las gotas hacia arriba, aportan continuamente aire ambiente y prolongan el tiempo de permanencia de la niebla de agua en el aire.

Ventajas: pulverización muy fina; mezcla intensa con el aire ambiente; mayor tiempo de suspensión y evaporación; transporte dirigido hacia arriba.

Desventajas: máximo esfuerzo técnico y energético; peso adicional; las potencias del ventilador, del compresor y de la bomba deben estar coordinadas entre sí. ^[16]

Posibles formas de ejecución constructiva

Los siguientes ejemplos muestran diferentes disposiciones de la unidad de boquillas pulverizadoras y posibles combinaciones de las tres variantes técnicas básicas.

Nota sobre las ilustraciones: las unidades de boquillas pulverizadoras representadas son visualizaciones conceptuales y no fotografías de instalaciones existentes. Las representaciones se crearon como visualizaciones de diseño asistidas por IA según las indicaciones del autor. [17]



Unidad de pulverización con boquillas anulares y ventilador vertical

Aplicación: Con bomba, compresor y ventilador vertical.

Transporte: El mástil es abatible; la unidad de boquillas anulares y el ventilador son desmontables para el transporte



Disposición circular de una unidad de boquillas pulverizadoras

Aplicación: Con bomba, compresor y ventilador vertical.

Transporte: La parte superior de los tubos de pulverización y el ventilador son desmontables.



Unidad de boquillas pulverizadoras de doble fila

Aplicación: Con bomba de alta presión o con bomba y compresor.

Transporte: La parte superior de los tubos de pulverización es desmontable.



Unidad de pulverización con boquillas anulares

Aplicación: Con bomba de alta presión o con bomba y compresor.

Transporte: El mástil es abatible; la parte superior de la unidad de boquillas anulares es desmontable.



Unidad de boquillas pulverizadoras de una fila

Aplicación: Con bomba de alta presión o con bomba y compresor.

Transporte: La parte superior de los tubos de pulverización es desmontable.



Unidad de boquillas pulverizadoras en haz

Aplicación: Con bomba de alta presión o con bomba y compresor.

Transporte: La parte superior de los tubos de pulverización es desmontable.

6. Conclusión y perspectivas

El procedimiento «El Hacedor de lluvia» combina una idea básica técnica y física comparativamente sencilla con un posible beneficio extraordinario. Las experiencias y los ensayos de campo realizados hasta ahora muestran que, desde mi punto de vista, existen suficientes razones para retomar este procedimiento en las condiciones climáticas actuales y probarlo en la práctica.

Precisamente ante la creciente escasez de lluvias, los periodos de sequía y calor más largos, así como las consecuencias relacionadas para la agricultura, los bosques, los ríos, el abastecimiento de agua, la economía y la población, se plantea la pregunta de si podemos permitirnos dejar sin aprovechar una posibilidad así. A ello se suma el efecto refrescante, directamente perceptible, de una lluvia persistente: tras periodos prolongados de calor, la temperatura ambiente desciende claramente en poco tiempo, y también el suelo, antes fuertemente recalentado, se enfría de forma duradera. Si con el procedimiento del Hacedor de lluvia fuera realmente posible desencadenar o fomentar de forma específica las precipitaciones, posiblemente no solo podría combatirse la sequía, sino que, gracias a este efecto refrescante, también podría contrarrestarse el creciente calentamiento global.

Por ello, no deberíamos detenernos demasiado en la cuestión teórica de si el procedimiento es posible o no. Lo decisivo sería iniciar el ensayo en las condiciones actuales con acompañamiento científico y observar lo que realmente sucede.

¿Qué pasaría si el procedimiento del Hacedor de lluvia tuviera éxito – de lo cual estoy convencido – y con él pudiéramos algún día, no solo en España, sino quizá también en Europa, influir de forma específica o «dirigir» las precipitaciones, de modo que la escasez de lluvias y los periodos de sequía prolongados se convirtieran cada vez más en algo desconocido?

No menos importante podría ser su aplicación en países en desarrollo, cuyas posibilidades de vida y de desarrollo están fuertemente limitadas precisamente por la falta de precipitaciones y la escasez crónica de agua. Una tecnología comparativamente sencilla que pudiera hacer posible allí la lluvia de forma fiable tendría para la agricultura, el abastecimiento de agua y la seguridad alimentaria una importancia difícil de sobrestimar.

La presente documentación pretende aportar para ello una contribución objetiva y servir a las instancias interesadas de la política, la ciencia, la economía, las asociaciones y la administración como base para un examen en profundidad.

Porque, en definitiva, solo un ensayo práctico puede mostrar lo que es realmente posible.

*«Lo que es posible no lo descubrimos solo a través de la duda,
sino teniendo el valor de intentarlo.» ^[22]*

La especial importancia del agua de mar o salada

Para el procedimiento del Hacedor de lluvia, el agua de mar o salada resulta especialmente interesante por dos razones. Por un lado, como cualquier agua pulverizada, cumple la función térmica del procedimiento: el fuerte aumento de la superficie de las gotas finísimas favorece la evaporación, enfría el aire circundante y, al mismo tiempo, aumenta su contenido de humedad.

Por otro lado, con el agua de mar o salada llegan al aire, en gotas diminutas, sales y minerales disueltos. Si se evapora una parte del agua, quedan partículas salinas muy pequeñas. Estas son higroscópicas, es decir, pueden absorber humedad del entorno. De este modo, a la acción térmica del agua pulverizada se suma una acción microfísica que puede ser importante para la formación y el crecimiento de las gotas de nube.^[11]

Por tanto, la posible ventaja del agua de mar o salada no reside en que el agua salada se evapore con más intensidad o más rápidamente que el agua pura. Más bien, combina el aporte de agua con la introducción adicional de aerosoles naturales salinos y núcleos de condensación. En este sentido, el agua de mar o salada puede complementar funcionalmente el procedimiento descrito frente a un agua dulce muy pobre en minerales y posiblemente hacerlo más eficiente.^[11]

Núcleos de condensación y gotas de nube

Para que el vapor de agua pueda condensarse en la atmósfera formando gotas de nube, los denominados núcleos de condensación desempeñan un papel importante. Se trata de partículas muy pequeñas en el aire a las que pueden adherirse las moléculas de agua. Al pulverizar agua con minerales disueltos – de forma especialmente pronunciada en el agua de mar, en menor medida en el agua de lago o de río – pueden quedar, tras una evaporación parcial o completa, partículas finísimas de sal o bien de minerales.^[11]

Estas partículas higroscópicas pueden absorber humedad y, en condiciones adecuadas, actuar como núcleos naturales de condensación de nubes. En una nube en desarrollo, las pequeñas gotas así formadas pueden seguir creciendo y unirse con otras gotas. Sin embargo, para que de las gotas de nube se forme finalmente precipitación, deben darse además las condiciones meteorológicas necesarias para ello.^[11]

La ley de Raoult

En el informe «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess» («El hombre que hizo llover en el Sahel») del año 1989 se hace referencia expresa, en relación con la activación de la lluvia de Hangartner, al profesor François-Marie Raoult en Grenoble y a la ley de Raoult que lleva su nombre. El informe de entonces relaciona esta ley con el descenso del punto de congelación y el aumento del punto de ebullición de las soluciones.^[4, 9]

Para el efecto del agua salina aquí considerado resulta especialmente interesante la presión de vapor de una solución. De forma simplificada, la ley de Raoult describe que el agua con sales u otras sustancias disueltas – es decir, por ejemplo, agua de mar o agua salada – posee una presión de vapor algo más baja que el agua casi pura o bien destilada. También el agua dulce contiene por lo general minerales y sales disueltos, aunque la mayoría de las veces en menor concentración que el agua de mar. Este denominado efecto Raoult también es importante en el caso de gotas salinas muy pequeñas o bien de partículas de aerosol.^[9]

$$p(\text{agua, solución}) = x(\text{agua}) \times p^0(\text{agua})$$

La teoría de Köhler – Relación con la formación de nubes

Una clasificación física más amplia la proporciona la teoría de Köhler de la microfísica de nubes. Describe en qué condiciones pequeñas partículas de aerosol higroscópicas pueden absorber agua, seguir creciendo y ser activadas como gotas de nube. En ella, la influencia de las sustancias disueltas, tal como se describe con el efecto Raoult, se combina con la influencia de la superficie curvada de gotas muy pequeñas. ^[10, 11]

Precisamente en el caso de la sal marina, esta relación es de especial interés: las partículas de sal marina, debido a sus propiedades higroscópicas, pueden absorber agua y, con una humedad del aire o bien una sobresaturación adecuadas, ser activadas como núcleos de condensación de nubes. Con ello, la referencia de Hangartner al agua de mar y a la ley de Raoult recibe una explicación microfísica adicional. ^[10, 11]

Resumen breve

En el procedimiento descrito, el agua dulce actúa sobre todo mediante la pulverización, la evaporación, el enfriamiento y el enriquecimiento de humedad. El agua de mar o salada combina además este efecto con la aportación de partículas de sal higroscópicas que pueden actuar como núcleos de condensación. Por ello, el agua de mar o salada puede tener una ventaja funcional adicional para el procedimiento.

Modelo de funcionamiento de Hangartner – los dos esbozos

Los dos esbozos utilizados por Hangartner ilustran la interacción, supuesta por él, entre la tierra seca, el mar y la atmósfera. Para la documentación se volvieron a dibujar y se rotularon con claridad, de modo que más adelante también puedan trasladarse fácilmente a otros idiomas. ^[4]

Fig. 1

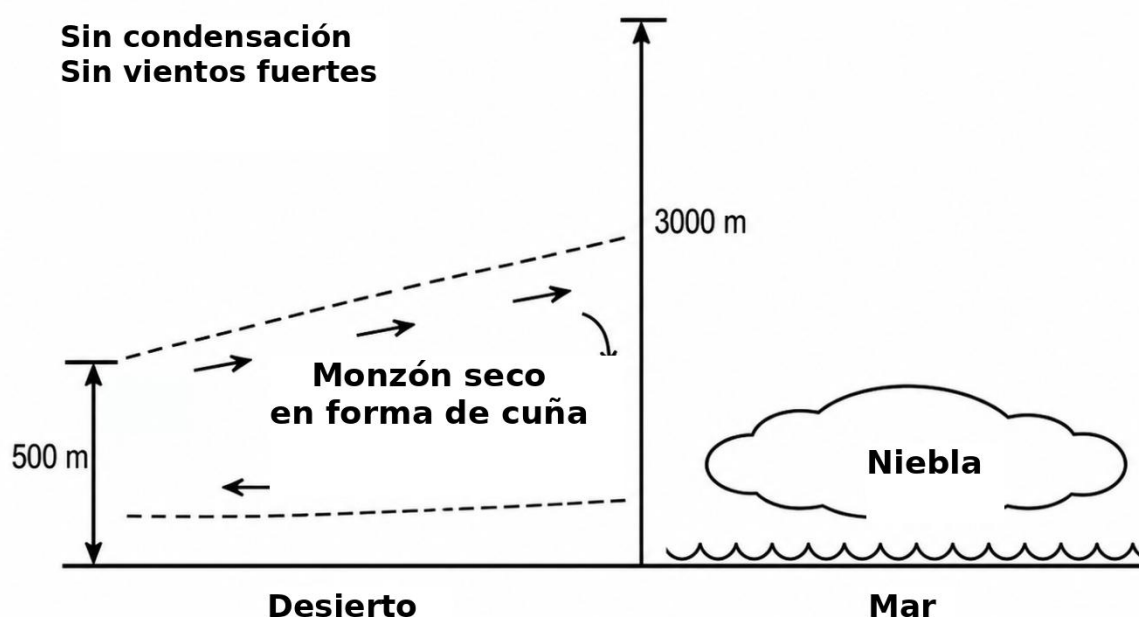


Fig. 1 (redibujada): Situación inicial según Hangartner – monzón seco en forma de cuña sobre el desierto; sobre el mar se encuentra un campo de niebla.

La Fig. 1 muestra la situación inicial: según la representación de Hangartner, sobre el desierto se mueve un monzón seco en forma de cuña solo a una altura comparativamente baja. Sobre el mar, en cambio,

se encuentra un campo de niebla. El esbozo caracteriza este estado con «Sin condensación» y «Sin vientos fuertes». El intercambio de humedad entre el mar y la tierra está todavía poco desarrollado en esta representación.^[4]

Fig. 2

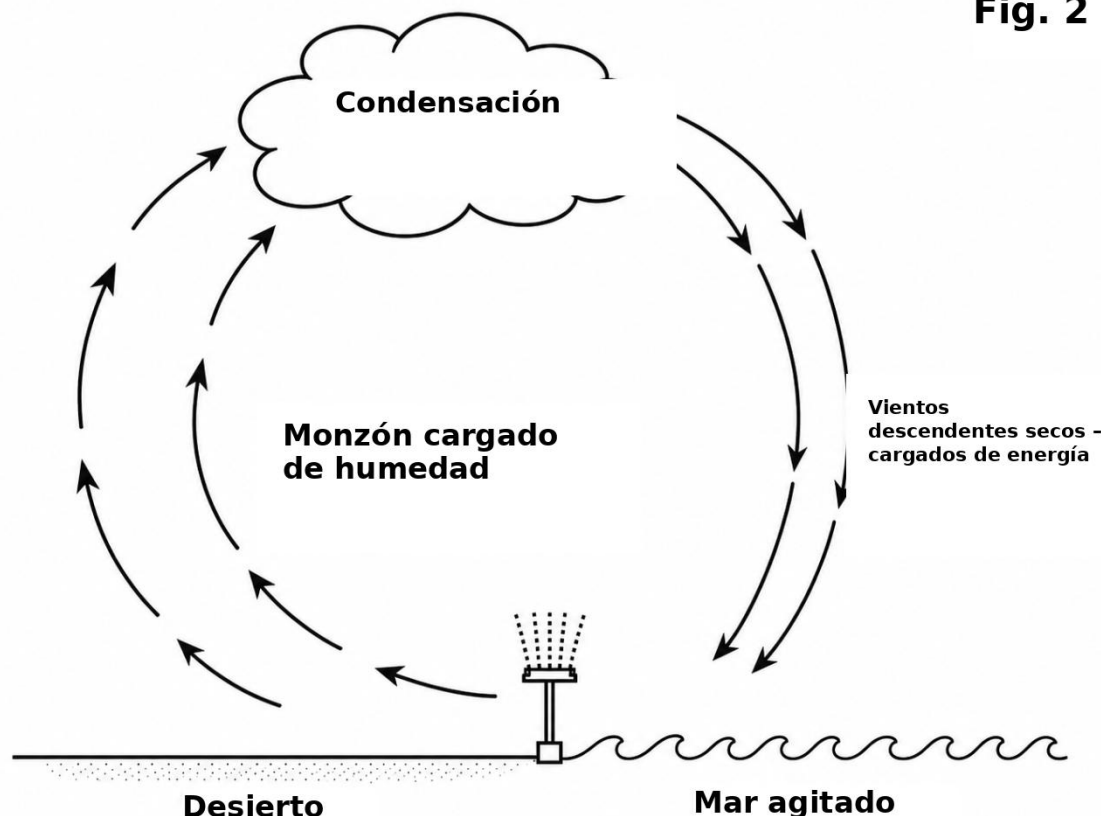


Fig. 2 (redibujada): Ciclo reforzado – el aire cargado de humedad asciende, se inicia la condensación, los vientos descendentes secos – cargados de energía – fluyen de vuelta hacia la masa de agua.

La Fig. 2 muestra el ciclo activado según la concepción de Hangartner. El aire cargado de humedad fluye desde una masa de agua vecina – mar, lago o río – en dirección a la tierra más cálida y asciende allí. A mayor altura se inicia la condensación, liberándose calor. El aire, ahora más seco, vuelve a descender y fluye – denominado en el esbozo de Hangartner «vientos descendentes secos – cargados de energía» – de vuelta en dirección a la masa de agua. Allí puede volver a absorber humedad. La pulverización continuada debe estimular este ciclo y reforzarlo cada vez más.^[4]

Nota: la base de las dos ilustraciones redibujadas son los esbozos manuscritos del artículo de Hans-Joachim Ehlers, «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess», raum&zeit 43/89, p. 70. La idea básica representada se ha mantenido en el nuevo dibujo.^[4]

Dos niveles de acción interrelacionados

Los esbozos describen sobre todo el nivel dinámico a gran escala del procedimiento: movimiento del aire, transporte de humedad, ascenso, condensación y retorno del flujo.

La ley de Raoult y la teoría de Köhler complementan este modelo en el nivel microfísico: explican la relación entre las sales disueltas, las partículas de aerosol higroscópicas y la formación o bien activación de gotas de nube.^[9, 10, 11]

En conjunto, resulta así un modelo de funcionamiento ampliado: por un lado, la instalación de pulverización debe influir térmica y dinámicamente en el aire próximo al suelo y apoyar una circulación

mayor entre la tierra y el agua; por otro lado, al utilizar agua de mar o salada pueden introducirse adicionalmente en la atmósfera núcleos de condensación naturales salinos.

Según las fuentes disponibles, el efecto descrito – desde el inicio de la pulverización hasta el comienzo de la precipitación – debería producirse habitualmente al cabo de unos tres a catorce días, aunque esto puede variar mucho según las condiciones locales. [4, 6]

El informe del Sahel describe que, al cabo de unos tres días, se había desarrollado una circulación suficientemente grande y que al cuarto día comenzó a llover. En la misión en la India de 1988 comenzó a llover unas dos semanas después de la llegada de Hangartner, el 14 de julio de 1988. [4, 6]

El procedimiento del Hacedor de lluvia despliega su efecto tanto mejor cuanto más seco es el aire y más intensa la radiación solar.

8. Antecedentes meteorológicos

La relación entre bajas y altas presiones

Para el procedimiento reviste especial importancia el gradiente de temperatura y presión entre la tierra fuertemente calentada y una masa de agua vecina más fría. Sobre la tierra cálida asciende el aire, mientras que el aire sobre el mar, el lago o el río permanece comparativamente más frío y denso. De este modo puede generarse una corriente de aire como la que se conoce, en principio, también por la circulación natural de brisa de tierra y de mar. [12]

Importancia del lugar de aplicación

Por ello, la elección del lugar de aplicación desempeña un papel central. La unidad de pulverización debería operarse, en la medida de lo posible, directamente junto a un mar, lago, río u otra masa de agua suficientemente grande. De este modo no solo se dispone de agua suficiente para la pulverización, sino al mismo tiempo también de una fuente natural de humedad en las inmediaciones. [4, 5, 12]

Condiciones meteorológicas

La intensidad con la que se desarrolla el proceso iniciado por la instalación de pulverización depende de las respectivas condiciones meteorológicas. Son relevantes en particular:

- Temperatura y humedad del aire
- Intensidad de la radiación solar
- Dirección y fuerza del viento
- Distribución de la temperatura en las capas de aire superiores
- Estabilidad o bien inestabilidad de la atmósfera
- Tamaño y temperatura de la masa de agua adyacente
- Forma del terreno y sistemas de viento regionales existentes. [12]

Por ello, la elección del momento y del lugar de la aplicación es decisiva. Según las descripciones disponibles, las condiciones especialmente calurosas, secas y soleadas son favorables para el procedimiento.

Otras influencias

Es concebible que otros factores locales o meteorológicos influyan en el desarrollo del procedimiento. Precisamente un ensayo en la práctica podría contribuir a observar directamente tales relaciones y a

obtener así conocimientos sobre ubicaciones adecuadas, el momento óptimo de aplicación y el efecto en diferentes condiciones meteorológicas.

9. Fuentes y referencias

Las fuentes que figuran a continuación constituyen la base de los datos históricos, meteorológicos, científicos y técnicos de esta documentación. Los números corresponden a las referencias a las fuentes en el texto.

Fuentes históricas, meteorológicas y científicas

- [1] Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): «Un verano de cuatro meses bate récords de calor en, al menos, siglo y medio», 21.09.2026. Balance del verano de 2026; para la España peninsular, 39,6 mm de precipitación media, el 56 % del valor normal 1991–2020 y el tercer verano más seco desde el inicio de la serie en 1961. https://www.aemet.es/es/noticias/2026/09/resumen_verano2026 (consultado el 24.09.2026).
- [2] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO): Observatorio Nacional de la Sequía – informes y mapas sobre sequía y escasez de agua 2026; así como «La reserva hídrica española se encuentra al 61,8 % de su capacidad», 15.09.2026. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/informes-mapas-seguimiento/infomapas2026.html> y <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2026/septiembre/la-reserva-hidrica-espanola-se-encuentra-al-61-8---de-su-capacid.html> (consultado el 24.09.2026).
- [3] Hans Hangartner: patente suiza CH 679 262 A5, «Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen» («Procedimiento y dispositivo para provocar la lluvia»). Solicitud 01.06.1989; patente concedida y memoria descriptiva publicada el 31.01.1992. Fuente: memoria descriptiva de la patente facilitada / Instituto Federal de la Propiedad Intelectual.
- [4] Hans-Joachim Ehlers: «Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess» («El hombre que hizo llover en el Sahel»), *raum&zeit*, n.º 43/89, pp. 68–72. Fuente: artículo original facilitado. Especialmente relevante: p. 69 – al cabo de unos tres días la circulación es suficientemente grande; al 4.º día comienza a llover.
- [5] Edith Lier: «Hans Hangartner – Der verkannte Regengott» («Hans Hangartner – El dios de la lluvia incomprendido»), *Beobachter*, 08.07.2005. <https://www.beobachter.ch/familie/hans-hangartner-der-verkannte-regengott> (consultado el 19.08.2026).
- [6] H. B: «Ein Schweizer als Regenmacher in Indien» («Un suizo como hacedor de lluvia en la India»), *Tages-Anzeiger*, miércoles, 27.07.1988, p. 48. Fuente: artículo original facilitado. Especialmente relevante: p. 48 – la lluvia comienza el 14 de julio de 1988, unas dos semanas después de la llegada de Hangartner a finales de junio.
- [7] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Saurashtra and Kutch. Precipitaciones mensuales y anuales históricas. <https://imd pune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html> (consultado el 19.08.2026).
- [8] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Gujarat Region. Precipitaciones mensuales y anuales históricas. <https://imd pune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html> (consultado el 19.08.2026).
- [9] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC): «Raoult's law», *Compendium of Chemical Terminology (Gold Book)*, DOI: 10.1351/goldbook.15349. <https://doi.org/10.1351/goldbook.15349> (consultado el 19.08.2026).
- [10] Köhler, H.: «The nucleus in and the growth of hygroscopic droplets», *Transactions of the Faraday Society*, 1936, Vol. 32, pp. 1152–1161. DOI: 10.1039/TF9363201152.
- [11] Kleinheins, J.; Shardt, N.; Lohmann, U.; Marcolli, C.: «The surface tension and cloud condensation nuclei (CCN) activation of sea spray aerosol particles», *Atmospheric Chemistry and Physics*, 25, 881–903, 2025. DOI: 10.5194/acp-25-881-2025.
- [12] NOAA / National Weather Service: fundamentos sobre la circulación de brisa de tierra y de mar, las diferencias de presión de origen térmico, así como las zonas de convergencia de brisa marina (Sea-Breeze-Convergence). https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/winds/Wx_Terms/Flight_Environment.htm (consultado el 19.08.2026).

Fuentes técnicas sobre sistemas de bombas, boquillas y ventiladores

- [13] Danfoss: «High-pressure water mist systems». Sistemas industriales de nebulización de agua a alta presión con presiones de servicio de hasta 100 bar y altos caudales. <https://www.danfoss.com/en/products/hpp/high-pressure-water-mist-systems/high-pressure-water-mist-systems/> (consultado el 19.08.2026).
- [14] Lechler: «KSD nozzle lances» – boquillas bifluido con mezcla externa. Rango de presión típico: líquido 1–10 bar, aire de atomización 1–15 bar. <https://www.lechler.com/my-en/products/process-technology/nozzle-lances-and-systems-for-gas-cooling/ksd-nozzle-lances> (consultado el 19.08.2026).
- [15] Ikeuchi Europe: «AKIJet – Impinging-type pneumatic spray nozzle». Atomización neumática ultrafina con un diámetro medio de gota de 10 µm o menos. <https://www.ikeuchi.eu/catalogs/akijet/> (consultado el 19.08.2026).
- [16] TechnoAlpin: datos técnicos sobre cañones de nieve con ventilador (Fan Guns), entre otros TR10/MMS. Combinación de presión de agua, compresor/nucleadores y turbina; presión de servicio del agua típicamente 8–40 bar. <https://www.technoalpin.com/en/snow-guns/fan-guns/tr10/> (consultado el 19.08.2026).
- [17] Visualizaciones conceptuales de la unidad móvil de boquillas pulverizadoras: representaciones de diseño asistidas por IA según las indicaciones del autor, creadas en 2026. Las ilustraciones sirven para visualizar posibles formas constructivas y no muestran instalaciones de serie existentes.

Fuentes sobre España: agua, agricultura, navegación, incendios forestales y salud

- [18] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA): «El regadío en España». Datos sobre la importancia estratégica de la agricultura de regadío, así como sobre la superficie regada y su participación en la producción. <https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/regadio-espanya> (consultado el 24.09.2026).
- [19] Autoridad Portuaria de Sevilla / Puertos del Estado: el puerto de Sevilla es el único puerto marítimo de interior de España y está unido al Atlántico mediante la Eurovía Guadalquivir, de unos 90 km de longitud; el puerto está especializado, entre otros, en productos agrícolas, productos siderúrgicos y contenedores. <https://www.puertodesevilla.com/> ; complementariamente: Memoria Anual 2024, Puertos del Estado. <https://www.puertos.es/sites/default/files/2025-09/Memoria%20Anual%202024%20AP%20Sevilla.pdf> (consultado el 24.09.2026).
- [20] Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) / MITECO: «AEMET pone en marcha un nuevo índice de peligro de incendios forestales», 28.05.2026. El índice tiene en cuenta, entre otros, la temperatura, la humedad del aire, el viento, la precipitación previa, el estado de la vegetación y la humedad del suelo. <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2026/mayo/aemet-pone-en-marcha-un-nuevo-indice-de-peligro-de-incendios-for.html> (consultado el 24.09.2026).
- [21] Ministerio de Sanidad: «Mayo de 2026 marca un máximo histórico de mortalidad asociada al calor para este mes», 03.06.2026, así como información sobre el plan nacional de prevención frente a los efectos del calor extremo sobre la salud. <https://www.sanidad.gob.es/gabinete/notasPrensa.do?id=6926> y <https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/calorExtremo/> (consultado el 24.09.2026).

Cita del autor

[22] Jonathan Hertig: «Lo que es posible no lo descubrimos solo a través de la duda, sino teniendo el valor de intentarlo.» Cita del autor, 2026.

[23] Cálculo propio del autor de la cantidad de agua liberada por el experimento de lluvia (unos 62,2 mil millones de m³), derivado de los datos de precipitación del India Meteorological Department para Saurashtra y Kutch [7]. Bases de cálculo y derivación, véase la documentación «El Hacedor de Lluvia», p. 22.

Detalles del cálculo del consumo de agua para desencadenar la lluvia y de la cantidad de lluvia: ^[23]

En los años: ^[7]

- 1985 297,7 mm de precipitación anual
- 1986 303,8 mm de precipitación anual
- 1987 92,5 mm de precipitación anual
- 1988 14,9 mm precipitación semestral enero–junio 1988
708,9 mm de precipitación total / 3,5 años = **202,5 mm de precipitación media** por año
(A principios de julio Hangartner comenzó el «experimento de lluvia», y el 14 de julio de 1988 comenzó la lluvia)

Tras el experimento de lluvia del 1 al 14 de julio de 1988 cayeron hasta finales de 1988 **773,2 mm de lluvia** (véase la documentación «El Hacedor de Lluvia»). ^[7]

- Hangartner consumió durante los 14 días aprox. 3 m³ de agua por día en cada caso = **total 42 m³ de agua**
- Superficie de la zona de Saurashtra + Kutch en la India = 109'000 km²
- Cantidad de precipitación: lluvia hasta finales de 1988: 773,2 mm, menos 202,5 mm, = **570,7mm** de precipitación media × **109'000 km²** = Total 62'206'300'000 m³ (**62,2 mil millones de m³ de cantidad de lluvia**)

Datos de precipitación del India Meteorological Department para Saurashtra y Kutch:

<https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html> (el enlace se abre en aprox. 30 segundos)