

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 406 630**

21 Número de solicitud: 201000372

51 Int. Cl.:

A01G 15/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

18.03.2010

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.06.2013

Fecha de la concesión:

15.04.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

24.04.2014

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2011/000081

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA
OTRI-PABELLÓN DE BRASIL, PASEO DE LAS
DELICIAS S/N
41013 SEVILLA (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

GAÑAN CALVO, Alfonso Miguel

54 Título: **METODO PARA EL CONTROL DE LA IRRADIACION SOLAR SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE MEDIANTE LA DISPERSION CONTROLADA DE AEROSOLES**

57 Resumen:

Método para el control de la irradiación solar sobre la superficie terrestre mediante la dispersión controlada de aerosoles del tipo que emplean tecnologías Flow Burring® y/o Flow Focusing® que se caracteriza porque comprende (i) una etapa de dispersión controlada de aerosoles inocuos en la atmósfera, en donde dichos aerosoles se consiguen mediante la nebulización masiva de una solución acuosa; y (ii) una etapa de observación y cálculo del balance radiante local y global.

ES 2 406 630 B1

DESCRIPCIÓN

MÉTODO PARA EL CONTROL DE LA IRRADIACIÓN SOLAR SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE MEDIANTE LA DISPERSIÓN CONTROLADA DE AEROSLES

5 La presente invención se encuadra en el sector de las tecnologías medioambientales y, más concretamente, en la de geo-ingeniería, encaminado a mitigar y, en la medida de lo posible, controlar las consecuencias de la emisión incontrolada de gases de efecto invernadero y el calentamiento global.

10 **ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

La masa de aire que descansa sobre la superficie terrestre es de aproximadamente unos 5.5×10^{18} kg. De esta masa, actualmente un 0.04% (400 ppm aproximadamente) corresponde actualmente al CO₂. Por tanto, en la actualidad existen en la atmósfera
15 unos 2 billones de toneladas (2×10^{15} kg) de CO₂. La emisión humana anual de CO₂ asciende a un 1.5% de esta cantidad actualmente, unos 30.000 millones de toneladas (3×10^{13} kg), cuantificada a través del consumo energético anual mundial, unos 500 exajulios, de los cuales más del 90% provienen de la combustión de petróleo, carbón y gas.

20

Actualmente, se estima que la masa de aerosoles de diversos orígenes naturales y artificiales asciende a una milmillonésima parte de la masa de aire atmosférica, es decir, unos 5.5×10^9 kg, la mayor parte concentrada en los niveles inferiores de la troposfera. Se sabe que entre una quinta y una cuarta parte de dicha masa de
25 aerosoles es de origen artificial o está provocada por la actividad humana. Dicha masa de origen humano produce efectos ópticos bloqueantes que ya son cuantificables a niveles de superficie.

Estudios recientes del efecto de los aerosoles en el continente africano (Paeth &
30 Feichter 2005, *Climate Dynamics* **26**, 35-54) permiten estimar que una masa de aerosoles dispersos en la atmósfera equivalente a unos 20-25 mg producirían un efecto albedo compensador del efecto invernadero de 1 kg de CO₂, en cuanto a balance radiante global, aunque hay que admitir que el grado de incertidumbre en esta medida es mucho mayor que el grado de incertidumbre en el efecto de
35 calentamiento estrictamente achacable al CO₂. Aun así, admitiendo el grado de incertidumbre involucrado, los cálculos anteriores permiten estimar que una masa de

aerosoles *inocuos* en torno a unos 2 millones de toneladas podrían compensar en caso de necesidad las emisiones anuales de CO₂ debidas a la actividad humana.

De este resultado se puede inferir un dato básico para el cálculo que interesa a esta
 5 invención. En efecto, en términos globales, se ha determinado experimentalmente
 (Paeth & Feichter 2005, *Climate Dynamics* **26**, 35-54) que concentraciones máscas
 de aerosoles del orden de un quinto de milmillonésima parte en masa en la
 atmósfera producen efectos medibles. Esto lleva a que la dispersión en la atmósfera
 10 de una masa en torno a un millón de toneladas (10⁹ kg) de aerosoles produciría
 efectos con consecuencias ópticas medibles en mayor o menor grado a escala
 global como función del tamaño, geometría, estructura y composición química de
 dichos aerosoles. Esta masa de 10⁹ kg, curiosamente, coincide con la que indica el
 Premio Nobel Paul J. Crutzen en su ensayo publicado en *Climatic Change* (2006),
77, 211-219, en defensa de la inyección de aerosoles de azufre en la atmósfera para
 15 modificar su efecto albedo.

En general, los aerosoles no presentan una concentración vertical homogénea en la
 atmósfera, ni su efecto es el mismo a distintas cotas. De hecho, la fracción de
 aerosoles que alcanza la estratosfera exhibe una persistencia en suspensión en esa
 20 zona muy superior a la de zonas inferiores, donde son precipitados
 fundamentalmente por corrientes descendentes, lluvia, nieve o granizo. Además, la
 dispersión en zonas extensas de elevada humedad puede producir la nucleación de
 grandes masas de nubes persistentes a cotas bajas o altas de distinta naturaleza.
 Por otro lado, el efecto albedo provocado por aerosoles es tanto más intenso cuanto
 25 mayor es su altura, dentro de la capa atmosférica.

Se desconoce por parte del inventor, experto en la materia, ningún método o
 procedimiento que contenga las características esenciales de la invención tal y como
 se describen a continuación.

30

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Esta invención trata de introducir modificaciones controladas del balance radiante de
 la Tierra para compensar los efectos negativos de los gases de efecto invernadero
 35 ("*carbon offsetting*"). Así, se proponen unos nuevos vectores de control activo del
balance radiante global (definido en Kiehl and Trenberth 1997, Bull. Am. Metro.
 Soc. **78**, 197-208) y se describe la viabilidad de dichos vectores, describiendo

métodos para el control de la *irradiación solar* que incide sobre la superficie terrestre y su *efecto albedo*, mediante la dispersión controlada de aerosoles inocuos con propiedades fisicoquímicas y ópticas determinadas. Dicha dispersión se realizaría con capas de la atmósfera donde dichos aerosoles pueden permanecer suspendidos durante tiempos suficientemente largos, así como cubrir áreas de suficiente extensión, o donde su interacción con el vapor atmosférico pueda generar suficiente nucleación, para que sus efectos sean suficientemente significativos y cuantificables.

En una realización particular de la invención, para lograr los efectos deseados, los aerosoles propuestos pueden dispersarse en regiones inferiores de la estratosfera, donde su persistencia es más grande, pero está más limitada que en otras regiones más altas, y por tanto, pueden ofrecer una vida útil controlada, es decir, que en el caso que se observase un efecto no deseado o imprevisto asociado a esta acción artificial, la ventana temporal de persistencia del efecto observado será muy corta. La dispersión de los aerosoles propuesta se produciría en distintos puntos o coordenadas terrestres desde los que, debido a las condiciones meteorológicas medias locales, su distribución vertical y su localización en corrientes globales, se maximizaría u optimizaría dicha dispersión.

La optimización se formula en una realización particular mediante una *función objetivo* de balance radiante global, estimado en una compensación en torno a 1 W/m^2 , mediante un incremento del espesor óptico atmosférico en el espectro visible de la radiación solar global incidente. Naturalmente, el análisis de dicho balance involucraría una *monitorización y análisis permanente* de las variables climáticas globales y su distribución geográfica, así como la estabilidad de los patrones circulatorios globales, incluyendo niveles de temperatura y humedad, precipitaciones y velocidades de viento locales, globales, medios y temporales, así como su distribución vertical. Dicha función objetivo puede hacer uso de códigos numéricos de predicción globales ya existentes (por ejemplo, el AR4, citado en el IPCC Report 2007), contando como parámetros de entrada con las condiciones climáticas y meteorológicas históricas desde fechas en las que dichas condiciones son disponibles o deducibles, para predecir las desviaciones significativas que pudieran producirse por el uso de los métodos propuestos.

La invención propuesta haría también uso de los medios actuales de monitorización y cuantificación del balance radiante global (por ejemplo, el *Geostationary Earth Radiation Budget –GERB-* a bordo del *Meteosat-8*), y una *red de medición en tierra*

de los efectos meteorológicos y ambientales producidos por las dispersiones propuestas, para monitorizar la evolución y convergencia de las variables hacia la función o funciones objetivo y/o la desviación de la trayectoria de dichas variables hacia los objetivos, haciendo uso auxiliar de las predicciones de los códigos numéricos mencionados. Se proponen por tanto herramientas para el control activo del *cambio climático* y su reorientación artificial y controlada (Geoingeniería), de manera que la cubierta atmosférica natural, y su dinámica alimentada por la energía radiante del sol, sea integrada en un sistema global de mantenimiento de las condiciones favorables para nuestro desarrollo. A este respecto, es interesante resaltar el hecho obvio de que la evolución biológica e intelectual de la especie humana lleva asociada escalas de tiempo mucho más largas que los tiempos característicos de su actividad global y los efectos globales que provoca, con lo cual la especie humana se convierte en su propia víctima: en general no podría adaptarse lo suficientemente rápido a los cambios provocados. Estas consideraciones nutren la idea de que, para evitar grandes niveles de sufrimiento globales, sería útil poder contar con el conocimiento profundo y las herramientas que permitieran intervenir correctivamente en la dinámica global (como si de un "jardín" se tratase), ya que nuestro desarrollo como especie ha conllevado acciones incontroladas sobre dicha dinámica.

En particular, al describir esta invención se hace un especial énfasis en el análisis de su factibilidad a través de tecnologías actualmente disponibles.

Es objeto de la presente invención un método para el control de la irradiación solar sobre la superficie terrestre mediante la dispersión controlada de aerosoles que se caracteriza por que comprende

(i) la dispersión controlada de aerosoles inocuos en la atmósfera, en donde dichos aerosoles se consiguen mediante la nebulización masiva de una solución acuosa usando tecnologías Flow Blurring® y/o Flow Focusing®;

(ii) la observación y cuantificación de

(a) la (irradiación) total incidente sobre la Tierra,

(b) la potencia radiante total emitida por la Tierra, que puede obtenerse por satélites desde varios puntos en una órbita geoestacionaria (radiación total perdida) mediante la medición del espectro de radiación emitido por la Tierra y la integración de la potencia emitida en cada frecuencia a lo largo de todas las longitudes de onda;

(iii) la observación de la evolución del balance radiante total (potencia total incidente menos potencia total emitida) con el tiempo y su correlación con los eventos de dispersión de aerosoles.

5 (iv) la maximización progresiva de la correlación existente entre los eventos de dispersión de aerosoles y la aparición de un cambio del balance radiante en el tiempo, realizando campañas sucesivas de dispersión de aerosoles y tomando como parámetros

- (a) el número de zonas de dispersión,
- (b) el tiempo de dispersión,
- 10 (c) la masa total dispersada,
- (d) el tamaño medio y la desviación geométrica del tamaño de los aerosoles dispersados,
- (e) la longitud y latitud de la zona o zonas de emisión,
- (f) la extensión superficial cubierta por la zona o zonas de emisión,
- 15 (g) la altura a la que se producen las dispersiones,
- (h) el momento del ciclo anual cuando se realizan las dispersiones.

También es objeto de la presente invención un método de acuerdo con el objeto anterior y que se caracteriza porque la solución acuosa es agua de mar.

20 Otro objeto de la presente invención es un método de control de la irradiación solar sobre la Tierra según los objetos anteriores, caracterizado porque la solución acuosa es una solución de sales minerales u orgánicas presentes en concentraciones comprendidas en el rango desde cero hasta el doble del punto de saturación a temperatura y presión estándar.

También es objeto de la presente invención un método de acuerdo con los objetos anteriormente descritos, y que se caracteriza porque la dispersión controlada de aerosoles se realiza desde puntos fijos o móviles sobre la superficie terrestre

30 situados a una altura comprendida entre los 0 y los 20.000 metros sobre el nivel del mar.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes

35 o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se

pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

5 EXPOSICIÓN DETALLADA DE MODOS DE REALIZACIÓN Y EJEMPLOS

10 Como ha sido previamente indicado, la invención propuesta hace uso de métodos de producción y dispersión controlada de aerosoles, así como su dinámica y cinética fisicoquímica, diseñados en función de sus propiedades ópticas bloqueantes de determinadas bandas de longitudes de onda. La interacción controlada de los aerosoles dispersados con la atmósfera y sus componentes, fundamentalmente el vapor de agua, trataría de maximizar los efectos de bloqueo óptico de determinados rangos de longitudes de onda.

15 Debido a la elevada complejidad de los mecanismos involucrados, la presente invención analiza la factibilidad de un instrumento artificial del control del balance radiante de la Tierra usando aerosoles. Como se ha indicado, cabe estimar que una masa de aerosoles de un millón de toneladas situada en los niveles inferiores de la estratosfera puede producir una desviación cuantificable del balance radiante de la
20 Tierra. La estructura vertical de la atmósfera terrestre permite por tanto la creación de capas con propiedades ópticas de suficiente concentración y persistencia para generar un efecto albedo controlable mediante el uso de aerosoles. Se puede definir un *índice de referencia* útil para esta invención, o *unidad de masa útil* (UMU) de aerosoles, como *un millón de toneladas* de un aerosol con propiedades físico-
25 químicas tales que produjese propiedades ópticas equivalentes (en términos de sus efectos radiantes globales, incluyendo los resultantes de su interacción con el vapor de agua atmosférico) a una profundidad óptica de 0.007 en el espectro visible, en los niveles inferiores de la estratosfera (11.000 metros de altitud). Definamos entonces 1
UMU=10⁹ kg.

30 Por otro lado, es necesario introducir un índice de referencia temporal útil que refleje la inercia del sistema activo empleado, en este caso los aerosoles dispersados, y que sirva como parámetro fundamental de respuesta del sistema global para garantizar su *controlabilidad*. En este sentido, el tiempo orbital alrededor del sol
35 establecería una cota para el tiempo máximo de persistencia. Además, la persistencia nunca debería ser superior al tiempo estacional, para evitar la aparición de respuestas subarmónicas inducidas por los ciclos de persistencia, que podrían

hacer incontrolable el sistema global por fenómenos como resonancias o bombeos paramétricos (por ejemplo, este tipo de fenómenos se han materializado en el pasado en los períodos de glaciación conocidos). Por tanto, si la persistencia de los aerosoles se define estacionalmente, su *vida media útil* debería estar en torno a los tres meses. Por otro lado, desde el punto de vista de los costes de dispersión, cuanto mayor es la persistencia menores son dichos costes. Por tanto, para los efectos de esta invención en relación con una dispersión de aerosoles, puede definirse una *unidad* temporal de *vida media útil* igual a *tres meses* (definamos la Unidad de Vida Útil como $1 \text{ UVU} = 7.9 \times 10^6$ segundos). Finalmente, la cota de dispersión puede quedar determinada por el nivel de persistencia temporal más apropiado, pero dada la velocidad de sedimentación estacionaria de una partícula de tamaño en torno a 10 micras con gravedad específica como la del agua, unos 3 milímetros por segundo, la cota de referencia puede definirse como 11.000 metros (teniendo en cuenta la existencia de regiones de elevada turbulencia), es decir, la cota de comienzo de la capa inferior de la estratosfera. Es muy interesante enfatizar aquí, para los efectos de esta invención, que esa es la cota usual de vuelo de los aviones comerciales.

Objetos de la invención

Es objeto de esta invención un método para el control de la irradiación solar sobre la superficie terrestre mediante la dispersión controlada de aerosoles que se **caracteriza** por que comprende

(i) la dispersión controlada de aerosoles inocuos en la atmósfera, en donde dichos aerosoles se consiguen mediante la nebulización masiva de una solución acuosa usando tecnologías Flow Blurring® y/o Flow Focusing®;

(ii) la observación y cuantificación de

(c) la (irradiación) total incidente sobre la Tierra,

(d) la potencia radiante total emitida por la Tierra, que puede obtenerse por satélites desde varios puntos en una órbita geoestacionaria (radiación total perdida) mediante la medición del espectro de radiación emitido por la Tierra y la integración de la potencia emitida en cada frecuencia a lo largo de todas las longitudes de onda;

(iii) la observación de la evolución del balance radiante total (potencia total incidente menos potencia total emitida) con el tiempo y su correlación con los eventos de dispersión de aerosoles.

(iv) la maximización progresiva de la correlación existente entre los eventos de dispersión de aerosoles y la aparición de un cambio del balance radiante en el tiempo, realizando campañas sucesivas de dispersión de aerosoles y tomando como parámetros

- 5 (a) el número de zonas de dispersión,
(b) el tiempo de dispersión,
(c) la masa total dispersada,
(d) el tamaño medio y la desviación geométrica del tamaño de los aerosoles dispersados,
10 (e) la longitud y latitud de la zona o zonas de emisión,
(f) la extensión superficial cubierta por la zona o zonas de emisión,
(g) la altura a la que se producen las dispersiones,
(h) el momento del ciclo anual cuando se realizan las dispersiones.

15 También es objeto de la invención un método de acuerdo con lo anterior que se caracteriza porque la solución acuosa es agua de mar.

Otro objeto adicional de esta invención es un método de acuerdo con lo expuesto anteriormente que se caracteriza porque la solución acuosa es una solución de sales
20 minerales u orgánicas presentes en concentraciones comprendidas en el rango desde cero hasta el doble del punto de saturación a temperatura y presión estándar.

Finalmente, es también objeto de esta invención un método de acuerdo con todo lo anterior que se caracteriza porque la dispersión controlada de aerosoles se realiza
25 desde puntos fijos o móviles sobre la superficie terrestre situados a una altura comprendida entre los 0 y los 20.000 metros sobre el nivel del mar.

30

Ejemplo 1. Uso de aerosoles salinos.

Por ejemplo, y sin que éste pueda considerarse restrictivo para los efectos de esta invención, se propone que los aerosoles dispersados sean espráis de agua de mar,
35 bien lanzados en vertical desde la superficie marina, o desde vehículos aéreos. Se propone para ello el uso de conjuntos o matrices de nebulizadores basados en

configuraciones Flow Blurring®, que producen una amplia concentración de gotas hasta los rangos nanométricos e incluso moleculares, y son mucho más flexibles en cuanto a condiciones de operación. Por tanto, puede definirse una *unidad de energía útil* (UEU) equivalente a la requerida por un nebulizador Flow Blurring® para dispersar en forma de aerosol salino seco una cantidad equivalente a una UMU, sabiendo que la concentración media salina de la hidrosfera es de unos 3.5 gramos por kg de agua. Es decir, podemos definir $1 \text{ UEU} = 2.86 \times 10^{15}$ julios.

Las estimaciones y datos anteriores indican que, teniendo en cuenta el consumo energético global anual de la especie humana en torno a los 500 exajulios (5×10^{20} julios), el coste energético del procedimiento propuesto en esta invención, comparable a una UEU, requeriría una fracción inferior a la cienmilésima parte del consumo global anual humano. Si se tiene en cuenta que el consumo energético del transporte aéreo equivale en torno a un 3% del consumo global anual (y produce en torno al 3% de las emisiones de CO₂ mundiales), en torno a 1.5×10^{19} julios, una UEU equivale a un 0.02 % del consumo global anual del transporte aéreo (no obstante, debido a que una UVU es 4 veces inferior a un año, dicho porcentaje se incrementaría hasta el 0.1% aproximadamente).

Más aun, si tuviera que ser dispersado a escala global una UMU estacionalmente, la potencia media requerida (o el cociente de $1 \text{ UEU} / 1 \text{ UVU}$, es decir, 362.76 MW, definible como *unidad de potencia demandable*, UPD), la puede abastecer, por ejemplo y sin que esto sea restrictivo para los efectos de esta invención, una red de menos de 1000 turbinas de viento de potencia en torno a 1 MW, situadas estratégicamente a lo largo de toda la superficie marina.

Lógicamente, para dotar a la red de capacidad de respuesta y control, y poder desacoplarla de efectos puramente estacionales, podría dimensionarse para que pudiera suplir de 10 a 20 veces una UPD. Dichas turbinas de viento estarían específicamente diseñadas para extraer y filtrar agua marina, y dispersarla en forma de grandes chorros neumáticos bifásicos (aire y gotas de agua salina) dirigidos verticalmente. Para ello, las turbinas contarían con un gran nebulizador que, por ejemplo, podría albergar en torno a 1 millón de celdas u orificios individuales.

Para analizar la factibilidad de la dispersión en vertical de los aerosoles desde la cota marina, puede considerarse la dinámica de los chorros bifásicos producidos. El factor de penetración vertical del chorro neumático bifásico es fundamentalmente función

de los números de Reynolds y Rayleigh, así como de otros parámetros que cuantifican los efectos relativos de la evaporación de las gotas y su cinética, humedad relativa, etc. En medidas realizadas experimentalmente, se ha demostrado que la dispersión lateral del chorro neumático producido por conjuntos de celdas individuales en un número elevado es inferior al efecto de la difusión interna de cantidad de movimiento entre los chorros individuales y fases intervinientes (corriente de aire y gotas de líquido), en los primeros estadios de desarrollo del chorro. De esta forma, por demanda de la conservación de la masa, a una cierta distancia de los orificios de salida, el chorro de aerosol llega a tener un diámetro menor que a la salida de la propia matriz de nebulizadores, y su velocidad es tal que se ha homogeneizado para las dos fases intervinientes (portadora y dispersa). Cuanto mayor es la matriz de nebulizadores, menor es el efecto de difusión lateral frente al de difusión interna, y los orificios de salida más internos se encuentran aislados o "apantallados" respecto al exterior.

Por tanto, puede estimarse el diámetro y la velocidad media del chorro mediante un balance de masa y energía mecánica del flujo bifásico resultante, con difusión despreciable respecto al exterior. A partir de dicho balance, se obtiene que el diámetro del chorro D_g es aproximadamente, en ausencia total de dispersión lateral,

$$D_g \approx D \cdot N^{-1/2} \left(\frac{\dot{m}_l}{\dot{m}_g} + 1 \right)^{-1/4}$$

donde D , N , \dot{m}_l y \dot{m}_g son el diámetro de los orificios individuales, el número de dichos orificios, el caudal másico de líquido y el caudal másico de aire, respectivamente. La velocidad promedio u_g de ambas fases sería aproximadamente:

$$u_g \approx \left(\frac{\dot{m}_l}{\dot{m}_g} + 1 \right)^{-1/2} U$$

donde U sería la velocidad de descarga del gas a través del orificio. Para relaciones de flujo usuales (por ejemplo, del orden de 0.1),

$$\frac{\dot{m}_l}{\dot{m}_g}$$

la velocidad resultante tras la difusión interna, exclusivamente, sería comparable a la de descarga de los orificios. Dado que dicha velocidad de descarga es comparable a la del sonido, se obtienen velocidades muy altas a distancias grandes del punto de descarga, comparadas con el diámetro de la matriz de orificios. Por otra parte, se ha observado que la presencia de una fase dispersa favorece la persistencia de la estructura interna del flujo, dotándolo de una especie de "rigidez" cinemática (cuantificable a través de un aumento de la viscosidad cinemática efectiva media bifásica) que lo hace más penetrante y menos susceptible de desarrollar inestabilidades globales, que lo llevarían a una difusión turbulenta rápida y efectiva, como ocurre en la mayoría de chorros a números de Reynolds suficientemente altos. Además, dadas las dimensiones de dichos chorros y la rápida disminución de la densidad del aire en vertical, una inversión energética en producir un pequeño aumento de temperatura del aire expulsado produciría una fuerza de flotación y un efecto de persistencia hasta alturas del orden de las estratosféricas. Dichas estimaciones sencillas y observaciones experimentales respaldan la factibilidad del ejemplo propuesto para la realización de la invención.

Otro ejemplo de modo de dispersión de los aerosoles es el uso de aviones de líneas regulares comerciales o similares, que descargarían los aerosoles salinos, en el curso de sus viajes comerciales, mediante nebulizadores Flow Focusing® o Flow Blurring®, cuando dichos aviones alcanzasen la cota de crucero. Si dicha dispersión la realizaran regularmente los aviones comerciales de pasajeros, para tener una idea del coste demandado a las compañías de aerolíneas, considérese que, como se ha apuntado anteriormente, una UEU significa un 0.02% del consumo energético global anual de las aerolíneas comerciales. En efecto, el número medio de aviones comerciales sobrevolando cada instante la superficie terrestre en los niveles inferiores de la estratosfera está en torno a 10^4 , actualmente. Dividiendo una UPD por dicho número, se obtiene una potencia demandable por avión en vuelo en torno a los 36.27 kW (48.65 CV), equivalente al quemado de 2 gramos de keroseno por segundo con una eficiencia en torno al 50-60%. Para comprobar el nivel de consistencia de los cálculos, considérese que se consume en media en torno a 1 kg de keroseno por segundo en vuelo de crucero, con lo cual, contando con una eficiencia del 50%, el consumo instantáneo requerido está en torno a 0.2% del consumo total instantáneo. Recuérdese que cuatro UEU's (una UVU es $\frac{1}{4}$ de año) requería un 0.1% del consumo global anual de las aerolíneas, y considerando una eficiencia del 50-60%, lleva al 0.2% del consumo total instantáneo que habíamos calculado anteriormente. Por tanto, este consumo extra implica una carga extra de

menos de 15 kg de keroseno para un vuelo de 2 horas a velocidad de crucero. La carga extra correspondiente al agua salina o salmuera (pre-concentrada hasta la saturación) en cada vuelo programado debería poder suministrar un caudal en torno a los 200-300 gramos de salmuera por segundo a lo largo del vuelo. Para un vuelo
5 de 2 horas, la carga extra serían unas 1.5 Tm, que a su vez demandaría un consumo extra de unos 6.5 kg de keroseno para elevar dicha carga hasta los 11.000 metros.

Es necesario remarcar en este ejemplo referido a la utilización de aerosoles salinos que los cálculos realizados hasta ahora han hecho uso de la simplificación de que el
10 aerosol se seca en su totalidad cuando es dispersado en la atmósfera. Naturalmente, la higroscopicidad de la sal marina hace que esta hipótesis no se cumpla en general, y que la masa útil de aerosoles dispersada sea a efectos prácticos mucho mayor que la correspondiente al residuo seco. Como se trata de maximizar los efectos ópticos bloqueantes de la dispersión, se puede hacer uso tanto de las propias características
15 ópticas de los aerosoles salinos como de su capacidad de nucleación del vapor de agua y formación de nubes, que también provocan un efecto albedo significativo. Por ello, la cota de dispersión, su localización geográfica, y la distribución de tamaños de los aerosoles salinos dispersados son variables fundamentales para la optimización del funcionamiento de la invención propuesta. Dicha optimización puede hacer que,
20 finalmente, el coste energético de la generación de los aerosoles propuesta pueda reducirse sustancialmente.

Por último, es necesario enfatizar de nuevo que este ejemplo pretende un efecto paliativo o corrector de las consecuencias climáticas que pueden derivarse del pico actual de emisiones debidas al consumo de combustibles derivados del petróleo.

25

REIVINDICACIONES

5 1.- Método para el control de la irradiación solar sobre la superficie terrestre mediante la dispersión controlada de aerosoles que se **caracteriza** por que comprende

(i) la dispersión controlada de aerosoles inocuos en la atmósfera, en donde dichos aerosoles se consiguen mediante la nebulización masiva de una solución acuosa usando tecnologías Flow Blurring® y/o Flow Focusing®;

10 (ii) la observación y cuantificación de

(e) la (irradiación) total incidente sobre la Tierra,

(f) la potencia radiante total emitida por la Tierra, que puede obtenerse por satélites desde varios puntos en una órbita geoestacionaria (radiación total perdida) mediante la medición del espectro de radiación emitido por la Tierra y la integración de la potencia emitida en cada frecuencia a lo largo de todas las longitudes de onda;

15 (iii) la observación de la evolución del balance radiante total (potencia total incidente menos potencia total emitida) con el tiempo y su correlación con los eventos de dispersión de aerosoles.

(iv) la maximización progresiva de la correlación existente entre los eventos de dispersión de aerosoles y la aparición de un cambio del balance radiante en el tiempo, realizando campañas sucesivas de dispersión de aerosoles y tomando como parámetros

25 (a) el número de zonas de dispersión,

(b) el tiempo de dispersión,

(c) la masa total dispersada,

(d) el tamaño medio y la desviación geométrica del tamaño de los aerosoles dispersados,

30 (e) la longitud y latitud de la zona o zonas de emisión,

(f) la extensión superficial cubierta por la zona o zonas de emisión,

(g) la altura a la que se producen las dispersiones,

(h) el momento del ciclo anual cuando se realizan las dispersiones.

35 2.- Método de acuerdo con la reivindicación 1 que se caracteriza porque la solución acuosa es agua de mar.

3.- Método de acuerdo con la reivindicación 1 que se caracteriza porque la solución acuosa es una solución de sales minerales u orgánicas presentes en concentraciones comprendidas en el rango desde cero hasta el doble del punto de saturación a temperatura y presión estándar.

5

4.- Método de acuerdo con las reivindicaciones anteriores que se caracteriza porque la dispersión controlada de aerosoles se realiza desde puntos fijos o móviles sobre la superficie terrestre situados a una altura comprendida entre los 0 y los 20.000 metros sobre el nivel del mar.

10