

**ESTUDIO DE LAS TASAS DE DEPOSICIÓN  
DE POLVO ATMOSFÉRICO  
EN LA ISLA DE GRAN CANARIA**



ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
3.1.-	EFFECTOS DEL POLVO ATMOSFÉRICO	3
3.2.-	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
3.2.1.-	<i>Geomorfología</i>	4
3.2.2.-	<i>Geología</i>	4
3.2.3.-	<i>Climatología</i>	5
3.3.-	EL MODELO DREAM	7
<b>4.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
4.1.-	RECOGIDA DE MUESTRAS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	10
4.2.-	OBTENCIÓN DE DATOS DEL MODELO DREAM	13
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>23</b>
<b>7.</b>	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>24</b>
<b>8.</b>	<b>BIBIOGRAFÍA</b>	<b>25</b>

## 1. ANTECEDENTES

El archipiélago canario se encuentra en las proximidades del desierto del Sáhara y por tanto, bajo su influencia. De este modo, el desierto del Sáhara mantiene con frecuencia una atmósfera enturbada por partículas que son fácilmente transportables a grandes distancias, y que suponen para el archipiélago un aporte considerable de material litogénico. Por ello se considera la isla de Gran Canaria un buen ámbito para estudiar los procesos relativos al polvo en suspensión (figura 1).

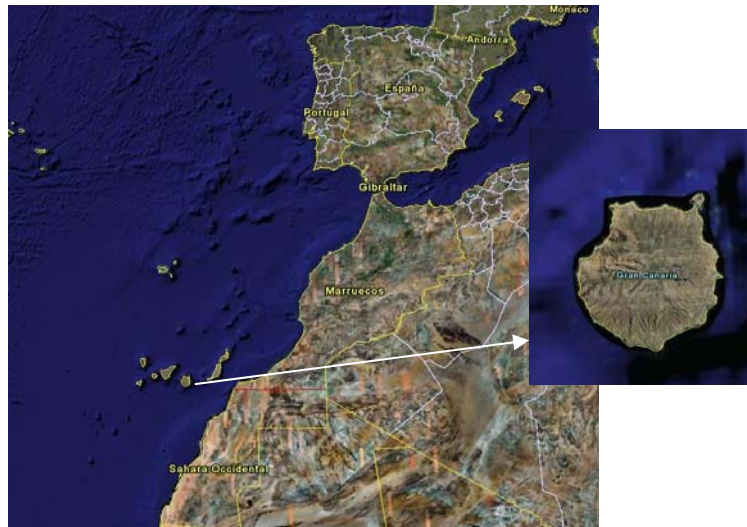


Figura 1. Localización del archipiélago canario y de la isla de Gran Canaria.  
(<http://earth.google.es/>).

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo pueden fundamentarse en dos: Por un lado se analiza la cantidad y la periodicidad de los eventos de calima en diversas estaciones de la isla de Gran Canaria desde marzo de 2005 hasta marzo de 2007. Y por otro lado, contrastar los resultados de recogida de polvo Sahariano con las predicciones hechas por el *Dust Regional Atmospheric Model* (DREAM; [www.bsc.es](http://www.bsc.es)) utilizado por el Centro Nacional de Supercomputación de Barcelona, para el mismo periodo de recogida de datos.

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1.- Efectos del polvo atmosférico

La emisión de polvo no resulta un proceso aislado sino que todas las etapas de su ciclo interacciona con la atmósfera y los ecosistemas sobre los que se deposita. Aunque el polvo atmosférico no ha sido considerado como un factor importante de Cambio Climático, estudios recientes están modificando esta tendencia (Tegen y Fung, 1994; Li et al., 1996). Las partículas de polvo, al introducirse en la atmósfera, modifican la radiación de onda larga y corta, a diferencia de los gases de efecto invernadero que sólo actúan sobre la radiación de onda larga. Esta modificación influye en el balance de radiación de la Tierra, y causa una imprecisión para tasar el esfuerzo al que se somete el clima por aerosoles atmosféricos. A pesar de esto, existen grandes incertidumbres en los procesos en los que intervienen estos aerosoles: una de ellas es que la incidencia del polvo sobre la radiación depende de las propiedades ópticas del polvo, su distribución vertical, la cobertura de nubes y el albedo debajo de la capa superficial y otras son las relacionadas a el efecto del polvo en la formación de nubes y precipitación por efectos indirectos y semidirectos (Andreae, 1996).

Además, al modificar la radiación ultravioleta, el polvo, que fundamentalmente es de composición mineralógica, afecta a las tasas de fotólisis y la química del ozono. De hecho, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático ha identificado el polvo como el aerosol con mayor incertidumbre en el sistema climático ([www.bsc.es](http://www.bsc.es)).

Una vez que se deposita el polvo sobre los ecosistemas terrestres y marinos, éste influye en los ciclos bioquímicos de los mismos, e interfiere con la monitorización de la incidencia de los niveles de partículas en el aire por emisiones antropogénicas en áreas pobladas ([www.bsc.es](http://www.bsc.es)). En las regiones cercanas a desiertos, cuando las nubes de polvo son muy densas, representa un riesgo para la salud humana y los distintos medios de transporte aéreos ([www.bsc.es](http://www.bsc.es)).

## 3.2.- Descripción del área de estudio

### 3.2.1.-Geomorfología

La isla de Gran Canaria está localizada aproximadamente en el centro del Archipiélago Canario. Tiene una topología casi circular con un diámetro de unos 45 km, representando un área de 1.560 km<sup>2</sup>. El pico más alto, el de Las Nieves, de 1.949 m de alto, está situado en el centro sureste de la isla, y proporciona una red radial de los grandes barrancos. El 56% de la superficie de la isla tiene una pendiente media de 15°-30° (Sánchez et al., 1995).

Se trata de una isla con una geomorfología diferenciada desde el NE (con volcanismo post-erosivo) al SW (predominando la fase de volcán en escudo). Una densa red radial de profundos barrancos secciona la isla formando una topografía accidentada. Las formas costeras varían considerablemente, reflejando diferencias en edad y pendiente, altos acantilados en la parte Oeste y amplias playas y dunas en las zonas Este y Sur (Carracedo et al., 2002).

### 3.2.2.- Geología

La orografía isleña se ha conformado a raíz de periodos eruptivos y erosivos. La formación subaérea de la isla de Gran Canaria se inicia hace unos 14,5 millones de años. El volcanismo más antiguo de Gran Canaria es Mioceno (desde 14,5 al 14,1 Ma) caracterizado por la extrusión de grandes volúmenes de rocas basálticas, y correspondiendo al estado de la construcción del edificio volcánico. En su estado inicial, un episodio de vulcanismo alcalino tiene lugar entre 14,1 y 7,0 Ma, (tefritas, fonolitas refritas, traquitas fonolitas y traquitas riolitas). Seguidamente se dio un paréntesis en la actividad volcánica entre 7,0 y 5,5 Ma generándose la red de barrancos radiales, e iniciándose la deposición de la Formación Detrítica de Las Palmas. Finalmente, un estado de rejuvenecimiento volcánico desde 5,5 Ma hasta el ciclo Reciente dio lugar a rocas basálticas y diferenciadas. En este periodo se crean los volcanes más jóvenes de Gran Canaria localizados en el sector Noreste de la isla (ITGE, 1992; Carracedo et al., 2002; Vera, 2004).

### 3.2.3.-Climatología

Las características climatológicas del archipiélago se deben a dos tipos de factores los cuales conforman un sistema abierto y complejo en el que interactúan de forma dinámica: por un lado las **condiciones atmosféricas** zonales y por otro, los **factores geográficos** regionales, que son los responsables de las notables diferencias climáticas entre unas islas y otras e, incluso entre una vertiente y otra de una misma isla. (Plan Insular de Ordenación de Gran Canaria, 2003)

- **El régimen de alisios**

La mayoría del año se establece la circulación de los vientos alisios (*trade-winds*), de dirección N-NE los cuales confieren a las islas sus rasgos climáticos más característicos. Cuando el Anticiclón de las Azores ocupa su posición habitual, envía sobre el archipiélago vientos húmedos por su flanco oriental, con dirección Noreste. Al mismo tiempo, la circulación del Oeste de las latitudes medias franquea el centro de altas presiones debido a que éste actúa a modo de pantalla e impide cualquier descenso en latitud de las borrascas del Frente Polar (Dorta et al., 2002; Figura 2).

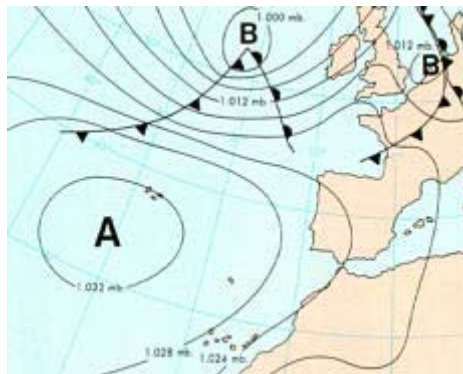


Figura 2. Situación anticiclónica habitual sobre las Islas Canarias

([www.puntoinfo.idecnet.com](http://www.puntoinfo.idecnet.com)).

La situación anticiclónica favorece la estabilidad atmosférica sobre el archipiélago. La estratificación del aire en dos capas establece un tipo de tiempo estable debido a que la inversión térmica de las capas actúa como tapón impidiendo los movimientos verticales que causan la inestabilidad atmosférica. De este modo, sólo es posible la formación de nubosidad de escaso desarrollo vertical (mar de nubes), que en ocasiones desprende ligeras lloviznas en los sectores de medianías, entre los 700 y 1.500 m de altitud (Plan Insular de Ordenación de Gran Canaria, 2003).

A pesar de que predomina el régimen de alisios sobre otros tipos de tiempo, la distribución de éste no es homogénea a lo largo del año. La mayor frecuencia de aparición sucede durante los meses estivales, especialmente en junio y julio donde se presenta en más del 90% de los días. En cambio, durante los meses centrales del invierno los alisios sólo se producen durante el 50% de los días. El predominio de los vientos alisios es limitado en ocasiones por la irrupción de masas de aire procedentes de latitudes polares, siendo la frecuencia de este tipo de evento mayor en invierno. Ocasionalmente se dan tormentas tropicales, de dirección W-SW, y están relacionadas con elevadas tasas de precipitaciones (Plan Insular de Ordenación de Gran Canaria, 2003).

Las diferencias climáticas dentro de la isla de Gran Canaria se deben a la combinación de los vientos dominantes de dirección N-NE y del componente orográfico. De esta manera, la vertiente Norte de las islas montañosas es más fría y húmeda mientras que, la vertiente Sur es más cálida y seca. Esto es expresado también como un gradiente de altitud en las condiciones climáticas: las zonas de costa son áridas y semiáridas ( $< 250 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$ ), templado para las medianías ( $250\text{-}800 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$ ) y húmedo y más frío en la cumbre ( $> 800 \text{ mm}\cdot\text{año}^{-1}$ , Marzol, 1988).

- **Invasión de aire Sahariano**

El aire sahariano posee una importancia crucial en el clima de las islas ya que su frecuencia es similar a los periodos de inestabilidad atmosférica. Cuando este tipo de tiempo aparece, se rompe con las condiciones ambientales propias del régimen de alisios. Los vientos saharianos tienen lugar, aproximadamente, el 30% de los días del año y llevan abundante polvo mineral (Sancho et al., 1992).

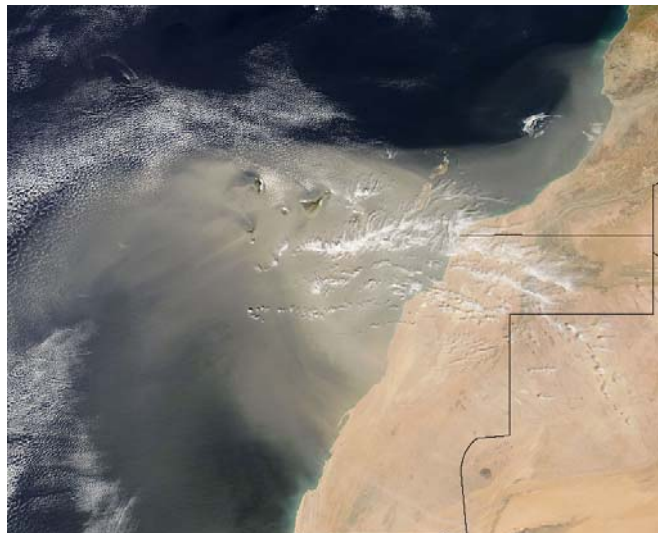


Figura 2. Polvo Sahariano sobre el Archipiélago Canario  
([www.rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov](http://www.rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov)).

Existen diferencias notables entre las invasiones de polvo estivales y las que se producen en el invierno debido a que su génesis es distinta. Cuando se presenta durante el verano, se forma una baja presión de origen térmico originada por el calentamiento del sustrato sobre Sáhara que extiende su influencia hasta el archipiélago, desplazando masas de aire cálido y muy seco. Este tipo de calimas se prolongan más en el tiempo y vienen acompañadas de altos registros térmicos y falta de visibilidad (Moreno et al., 2001, figura 3).

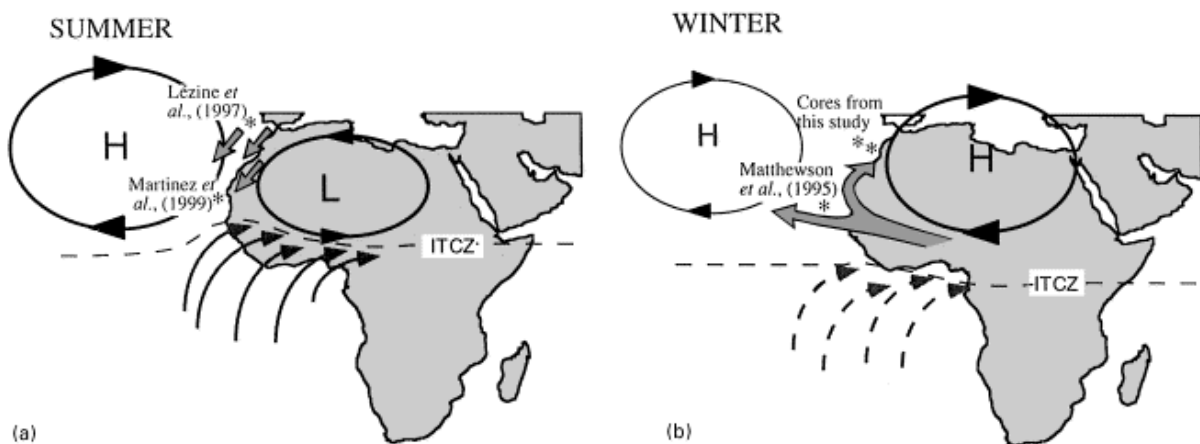


Figura 3. Invasión de aire Sahariano en invierno y verano (Moreno et al., 2001)

El invierno coincide con un alejamiento del anticiclón de las Azores. En el norte de África se origina un anticiclón que provoca que el aire que llega a las islas recorra una gran distancia sobre el desierto. Otra situación invernal se presenta cuando el anticiclón de las Azores, muy reforzado, se desplaza hacia latitudes más altas introduciendo una cuña de aire en el desierto del Sáhara. Duran pocos días y son menos cálidas, pero pueden alcanzar récords de falta de visibilidad (Moreno et al., 2001; figura 3).

### 3.3.- El Modelo DREAM

El *Dust Regional Atmospheric Model* (DREAM) es un modelo diseñado para simular y/o predecir el ciclo atmosférico del polvo mineral. Estos modelos son esenciales para entender el proceso y predecir el impacto del material particulado que constituye el polvo atmosférico ([www.bsc.es](http://www.bsc.es)).



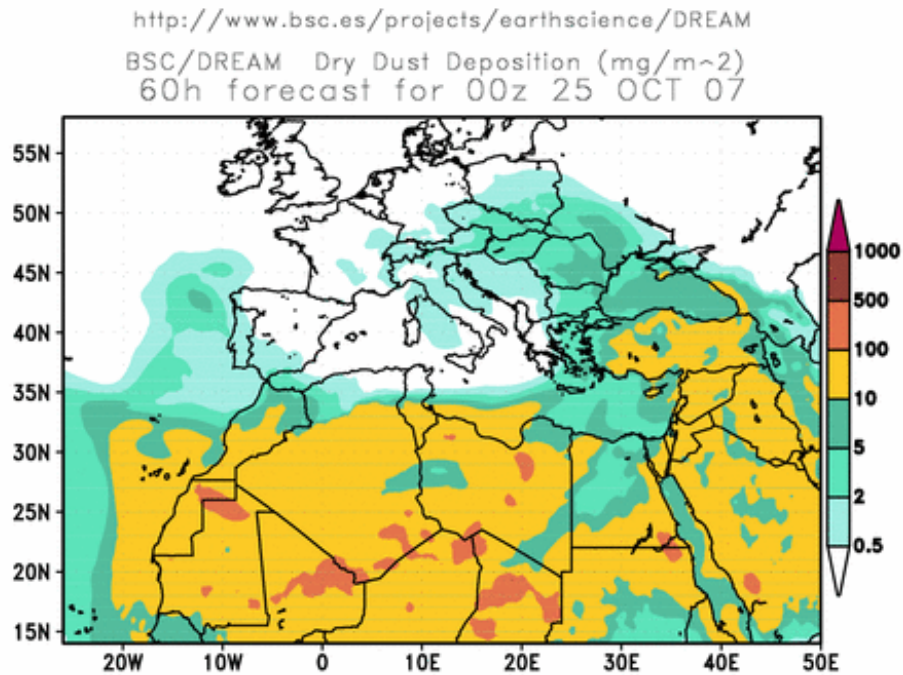


Figura 4. Deposición de polvo atmosférico del modelo DREAM.

El Modelo DREAM, está basado en el trabajo inicial de Nickovic y Dobricic (1996) y se divide en dos partes: el sistema de modelado atmosférico y el módulo de la concentración de polvo. El sistema de modelado atmosférico usado para el desarrollo del Modelo fue el método de predicción SKIRON, el cual está basado en la versión del Eta/NCEP (Centros Nacionales de Predicción de Medio Ambiente) de 1997. Comparado con el Modelo Eta usado en experimentos anteriores la actual versión del Modelo contiene varias mejoras: un nuevo esquema de configuración de la advección (también aplicado para la concentración de polvo en campo), el esquema de mezcla turbulenta, y nuevos esquemas para la radiación atmosférica y los procesos en la superficie terrestre (Kallos et al., 1997; Nickovic et al., 2001).

Respecto al módulo de concentración de polvo, incluye varias mejoras respecto a versiones anteriores. Primero en un nuevo esquema para la producción de polvo basado en una parametrización más sofisticada de los procesos de movilización del polvo. Segundo, un esquema de cuatro tamaños de partículas en vez de un solo tamaño para simular con más precisión los procesos que dependen del tamaño de partícula. El tercero, el uso de la topografía terrestre, y el tipo de vegetación con objeto de obtener una mayor resolución que el Modelo original Eta/ NCEP. Y cuarto, se utiliza un nuevo esquema de parametrización de la deposición seca.

El Modelo DREAM resuelve la siguiente ecuación diferencial parcial no lineal de Euler para las masas continuas de polvo (Nickovic et al., 2001):

$$\frac{\partial C_K}{\partial t} = u \frac{\partial C_K}{\partial x} - v \frac{\partial C_K}{\partial y} - (w - v_{gk}) \frac{\partial C_k}{\partial z} - \nabla(k_H \nabla C_K) - \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z \frac{\partial C_k}{\partial z} \right) + \left( \frac{\partial C_k}{\partial t} \right)_{FUENTE} - \left( \frac{\partial C_K}{\partial t} \right)_{HUNDIMIEN\emptyset},$$

$K= 1, \dots, k$

Seguindo a Tegen y Fung (1994) los parámetros de la ecuación son los siguientes:

- $K$  es el tamaño de partícula, que en este caso es 4 (arcilla, limo fino, limo grueso y arena)
- $C_k$  es la concentración de polvo de las partículas consideradas anteriormente,  $u$  y  $v$  son las componentes horizontales de la velocidad,
- $w$  es la componente vertical de la velocidad,
- $V_{gk}$  es la velocidad gravitacional de caída,
- $\nabla$  es el operador horizontal nabra,
- $K_h$  es el coeficiente de difusión lateral,
- $K_z$  es el coeficiente de intercambio turbulento,
- $\frac{\partial C_K}{\partial t}_{FUENTE}$  es la fuente y
- $\frac{\partial C_k}{\partial t}_{HUNDIMIENTO}$  es el término de hundimiento, el cual incluye tanto las fracciones de deposición húmeda como la seca.

La concentración total  $C$  es un peso resultado de la suma de las concentraciones de las  $K$  tipos de partículas:

$$C = \sum_{K=1}^K \delta_K \quad ; \quad \sum_{K=1}^K \delta_K = 1$$

Donde,  $\delta_k$  es la masa de los diferentes tamaños de partícula.

Esta ecuación diferencial parcial no lineal de Euler, simula todos los principales procesos del ciclo del polvo atmosférico y de las inyecciones del mismo desde los desiertos. Una vez inyectadas en el aire, las partículas de polvo son conducidas por las variables atmosféricas del Modelo. Por los parámetros turbulentos en la primera fase del proceso, el polvo es levantado desde la superficie. En fases posteriores los vientos hacen que el polvo se aleje de su fuente. Y finalmente, se produce la deposición del polvo, tanto por vía húmeda como seca. Los procesos de precipitación atmosférica debido a barreras topográficas o a cambios termodinámicos, originan deposición húmeda y los procesos gravitacionales y de pérdida de energía cinética, causan la deposición seca de polvo atmosférico. A continuación se muestra de forma esquemática todos los procesos del ciclo del polvo atmosférico descritos anteriormente y que recoge la ecuación del Modelo (figura 5).

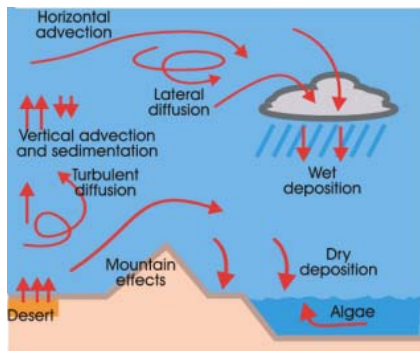


Figura.5. Esquema de los procesos del ciclo del polvo ([www.bsc.es](http://www.bsc.es)).

## 4. METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo para la realización del presente trabajo diferencia dos fases: una primera de recogida de muestras y su procesamiento y una segunda de obtención de datos del Modelo DREAM durante el mismo periodo de muestreo para poderlas comparar.

### 4.1.- RECOGIDA DE MUESTRAS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

- **Puntos de muestreo de polvo atmosférico**

Se seleccionaron cuatro puntos de Gran Canaria siguiendo un transecto N-S de la isla los cuales se detallan a continuación (figura 6).

1. Estación de muestreo en Tafira, en la facultad de Ciencias del Mar (CCM)
2. Estación de muestreo en Taliarte (Instituto de Algología de la ULPGC; TALI).
3. Estación de muestreo en Meloneras (Hotel Riu Club Meloneras; MELON).
4. Estación de muestreo en INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial).

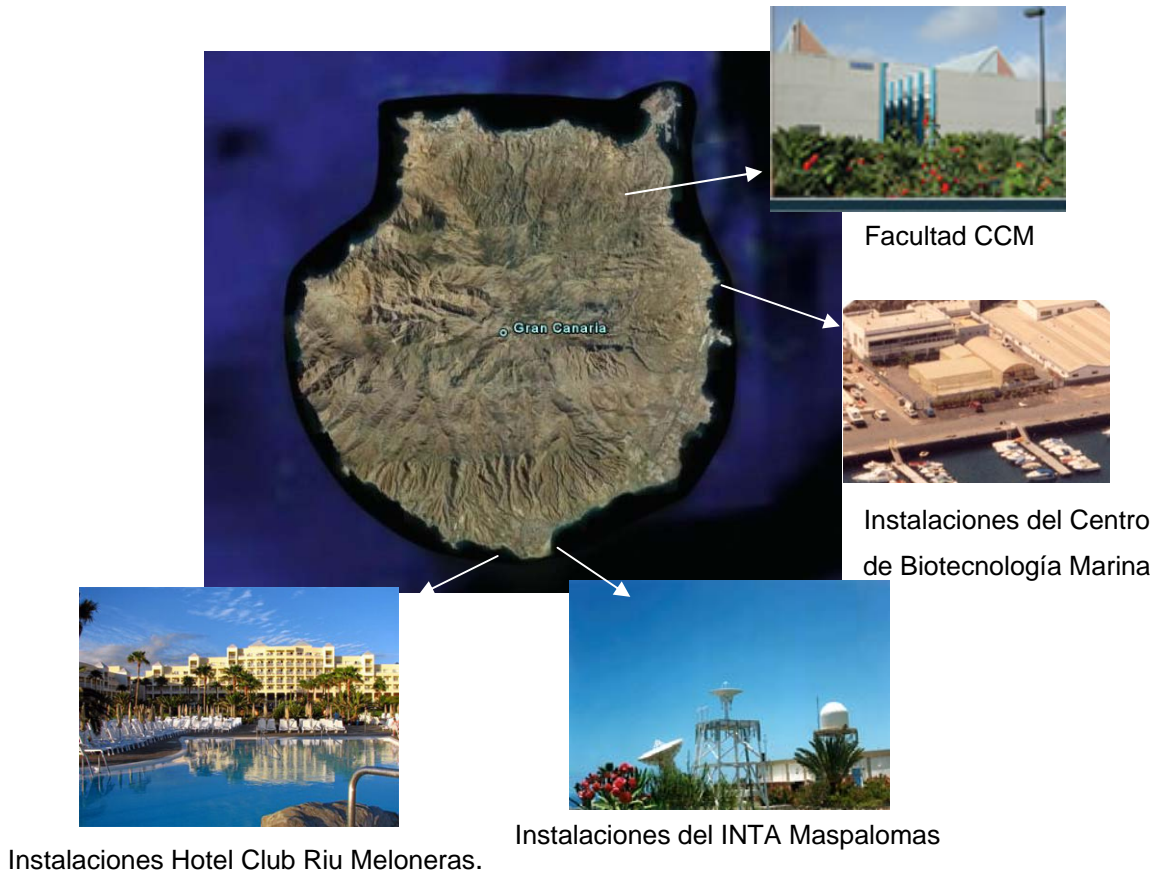


Figura 6. Localización de los puntos de recogida de muestras de polvo.

- **Recogida de muestras de polvo**

Siguiendo la experiencia de Díaz Hernández y Miranda (1997), se colocaron bandejas de cristal (*Pirex*, figura 7) en los diferentes puntos mencionados anteriormente. En cada punto de muestreo se colocó entre 5-6 bandejas de cristal de distinto tamaño obteniéndose una superficie de recogida entre 0.308 y 0.650 m<sup>2</sup> (tabla 1).

Localización	Superficie Muestreada (m <sup>2</sup> )
CCM	0,308
TALI	0,255
INTA	0,650
MELON	0,460

Tabla1. Superficies muestreadas en los puntos de muestreo.



Figura 7. Bandejas de vidrio en las que se recogieron las muestras.

La recogida de las muestras se realizó cada dos semanas, aproximadamente, entre el 23 Marzo de 2005 y el 22 de Marzo de 2007. Para recoger las muestras de polvo se utilizó agua destilada ayudándose con una espátula de goma para arrastrar el material adherido. Posteriormente se secaron las muestras en una estufa a una temperatura de 40-50° C y se pesaron en una balanza de  $\pm 0.0001$  g de precisión (Gibertini Modelo Cristal 200). Finalmente se conservaron en botes de vidrio de centrifuga de 2 ml para su posterior análisis textural y mineralógico.

En este punto del trabajo, tras el secado de las muestras provenientes de la estación de Taliarte (figura 8), se observó que contenían un alto porcentaje de sal que interfería en el valor final de la pesada. Por todo esto se consideró no tener esos datos en cuenta para la discusión de resultados.



Figura 8. Localización de la estación Taliarte.

- **Tratamiento de las muestras de polvo**

Los pesos de polvo atmosférico obtenidos en la etapa anterior se referenciaron a la superficie interna de las bandejas en las que fueron recogidos, medidos en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$  y además respecto al periodo temporal muestreado, obteniendo finalmente una tasa de deposición expresada en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ .

- **Tratamiento de datos**

Una vez obtenidas las tasas de deposición, se graficaron en función de los periodos de muestreo para definir las posibles tendencias espaciales y temporales.

Los datos además se sometieron a dos tratamientos estadísticos: primeramente se hizo una comparación dos a dos para ver si había alguna relación entre las tasas de deposición de los distintos puntos y entre éstas y el modelo DREAM. Seguidamente se realizó un análisis de múltiples correlaciones lineales mediante el test de Pearson de correlación bivariante para varias variables, realizado con el programa estadístico SPSS 14.0.

#### **4.2.- OBTENCIÓN DE DATOS DEL MODELO DREAM**

Para los mismos periodos en los que se realizaron las recogidas de muestras, cada catorce días aproximadamente, se recopilaron los datos de deposición de polvo del Modelo DREAM, de los archivos facilitados por el Instituto Nacional de Supercomputación ([www.bsc.es](http://www.bsc.es)). Estos datos estaban expresados en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ , los cuales se tuvieron que referenciar a los periodos de muestreo quedando al final igual que los datos recogidos in situ, en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Posteriormente se representaron las predicciones de acumulación de polvo hechas con el Modelo DREAM del mismo modo que con las muestras de polvo atmosférico recogidas en la isla.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 730 días muestreados, aproximadamente dos años, el número de días con llegada de polvo sahariano a la isla fue de 144, que corresponde a un 19% de presencia. Este porcentaje es algo más bajo que el promedio definido por Dorta (1999) para las Islas Canarias. Como se aprecia en la tabla 2, los valores de acumulación de polvo atmosférico en periodos de calima es mayor que en condiciones de NO calima, aunque con fluctuaciones de sus valores.

	CCM	INTA	MELON	DREAM
Valor medio de deposición y sd en periodo de Calima ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	2.44 ± 1.37	1.73 ± 1.03	2.91 ± 1.97	2.35 ± 2.79
Valor medio de deposición y sd en periodo de NO Calima ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	2.13 ± 0.74	1.67 ± 0.61	2.05 ± 0.51	0
Valor medio total de deposición y sd ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	2.37 ± 1.2	1.72 ± 0.94	2.79 ± 1.77	1.72 ± 2.59

Tabla 2. Valores medios de tasa de deposición de polvo atmosférico diferenciando periodos de llegada, o no, de polvo sahariano.

Comparando los valores entre los que oscilan las tasas de deposición dentro del periodo de muestreo en los distintos puntos de la isla, éstos fluctúan en un rango de 0,098 a 8,620  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ . La tabla 3 muestra los valores máximos, medios y mínimos de cada zona muestreada durante los dos años de seguimiento.

	Deposición Máxima (mg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	Deposición Media (mg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	Deposición Mínima (mg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )
CCM	5,74	2.78 ± 2,89	0,713
INTA	6,12	1.72 ± 0,94	0,098
MELON	8,62	2,79 ± 1,77	0,379

Tabla 3. Valores máximo, medio y mínimo de las tasas de deposición en cada zona de muestreo.

Como muestra la tabla 3, el mayor valor medio de deposición a lo largo de los dos años es el correspondiente a Meloneras (MELON), con una media de acumulación de 2,79 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, y una desviación estándar de ± 1,77 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> seguido de Ciencias del Mar (CCM) que presentan un valor de 2,78 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> y una desviación estándar de ± 2,89 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> y finalmente el punto de muestreo de INTA es el que dio la menor media de deposición de polvo atmosférico durante el periodo de muestreo, con un valor de 1,72 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> y una desviación estándar de ± 0,94 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>.

Los valores medios de deposición pasados a medidas anuales nos dan 24,3 g·m<sup>-2</sup>·año<sup>-1</sup> para CCM, 15,06 g·m<sup>-2</sup>·año<sup>-1</sup> para INTA y 24,4 g·m<sup>-2</sup>·año<sup>-1</sup> para MELON, por lo que están en el rango de 17-79 g·m<sup>-2</sup>·año<sup>-1</sup> medido en la isla de Gran Canaria, aunque en diferentes puntos en el año 2003 (Menéndez et al, 2003), excepto los valores anuales de INTA que son ligeramente más bajos.

En la representación gráfica de las tasas de deposición de cada uno de los puntos de muestreo con el periodo de recogida que se muestran a continuación puede observarse cómo y entre qué valores varían las deposiciones en cada uno y que en todas las series se observa una alta variabilidad (figura 8).



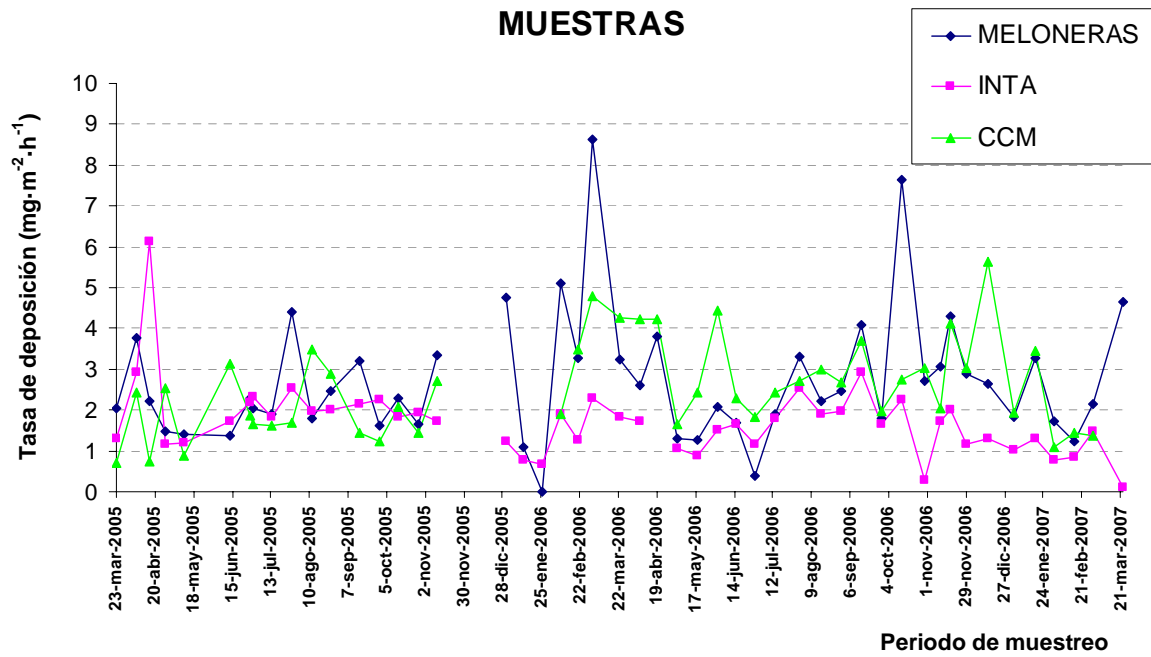


Figura 8. Tasas de deposición frente a los periodos de muestreo.

Para un análisis más detallado de cada uno de los puntos muestreados se representan a continuación cada una por separado (figuras 9-11). La estación que presenta los valores más regulares es INTA con un 54% de oscilación respecto de la media. La mayoría de los valores se concentran en torno a 1,5 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> y 2,5 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>

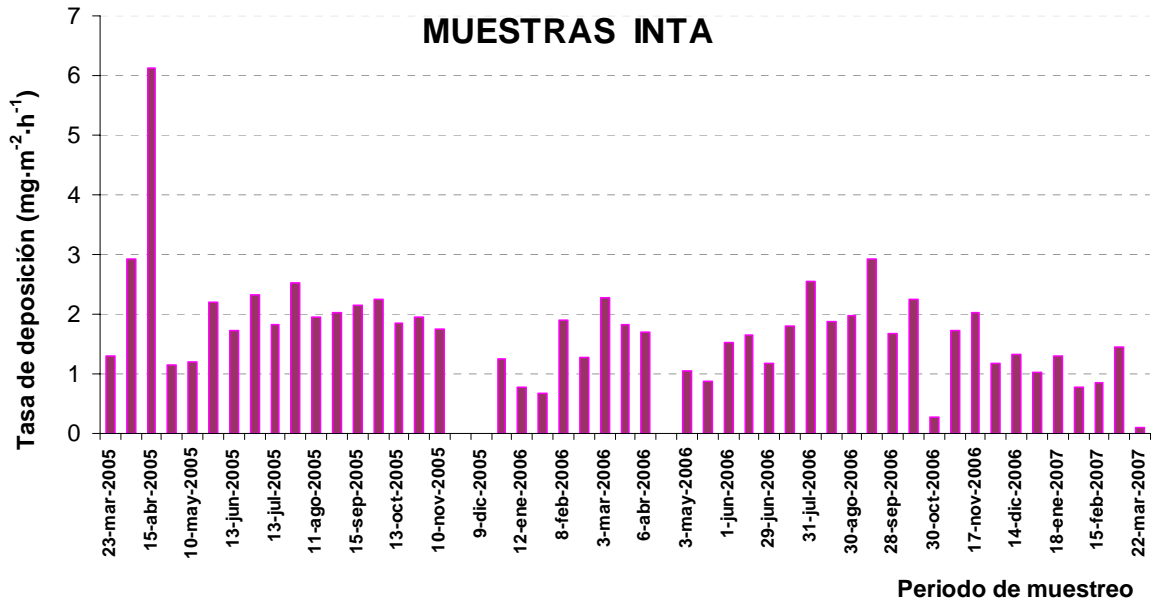


Figura 9. Tasas de deposición frente a los periodos de muestreo para INTA.

La estación de Meloneras (MELON) es menos regular que la anterior ya que sus valores varían más que INTA, oscilan un 63% respecto a la media, y concentra sus valores entre 1,5 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> y 4 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>.

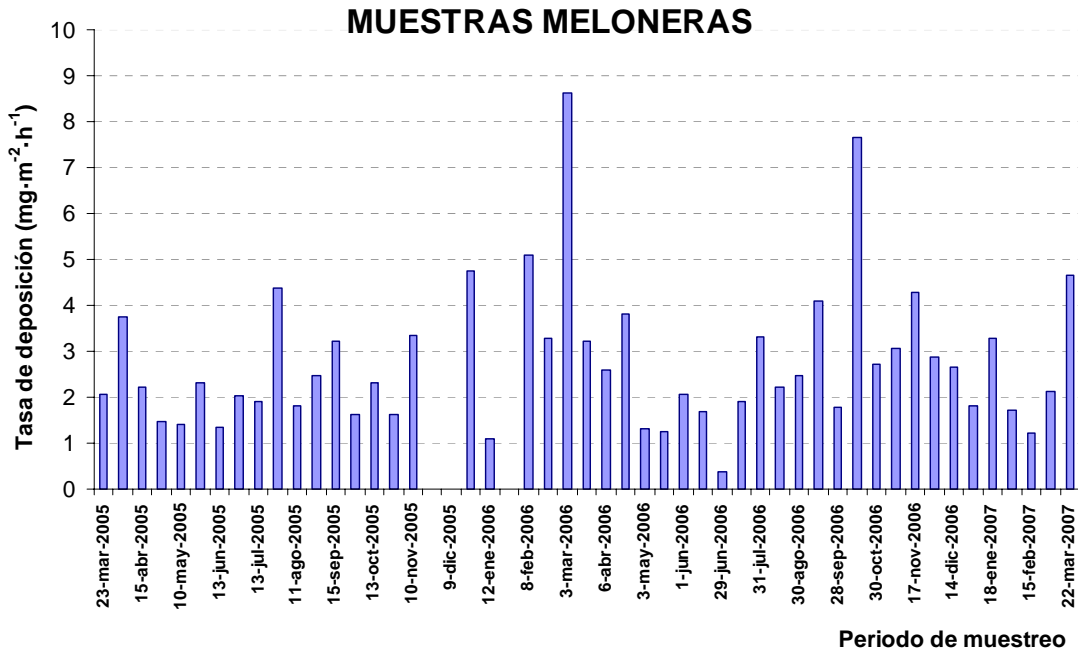


Figura 10. Tasas de deposición frente a los periodos de muestreo para MELON.

Por último, la estación de Ciencias del Mar (CCM), es la menos regular con una variación del 103% cuyos valores oscilan entre 1,5 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> y 4,5 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>.

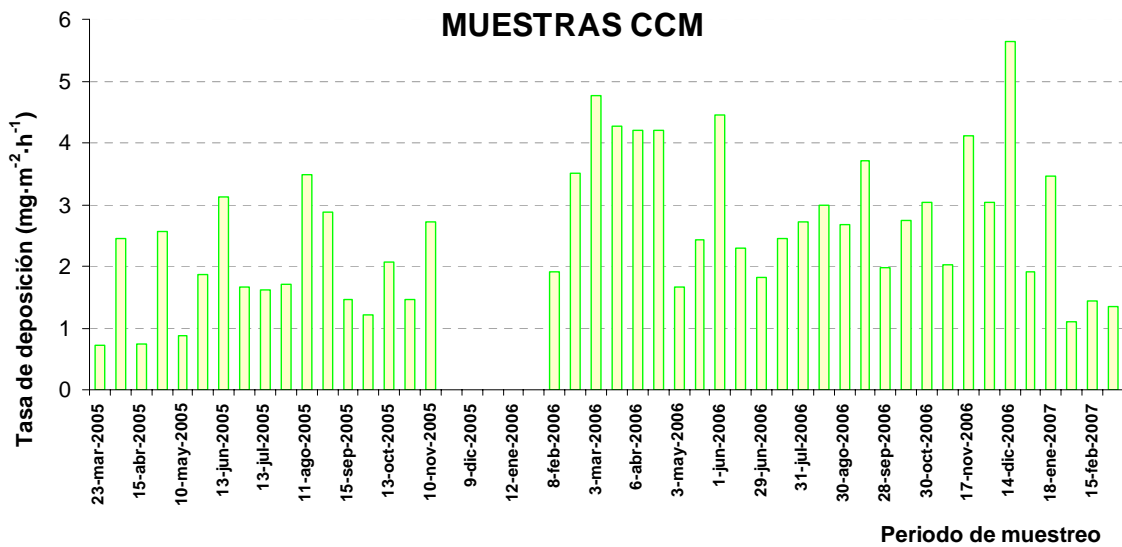


Figura 11. Tasas de deposición frente a los periodos de muestreo para CCM.

Considerando ahora la representación del Modelo DREAM con los periodos de muestreo (figura 12) se observa que el Modelo presenta más variabilidad que las muestras recogidas ya que su porcentaje de oscilación es del 150% respecto a la media y la mayoría de las tasas de acumulación de polvo oscilan entre los 0 y  $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ .

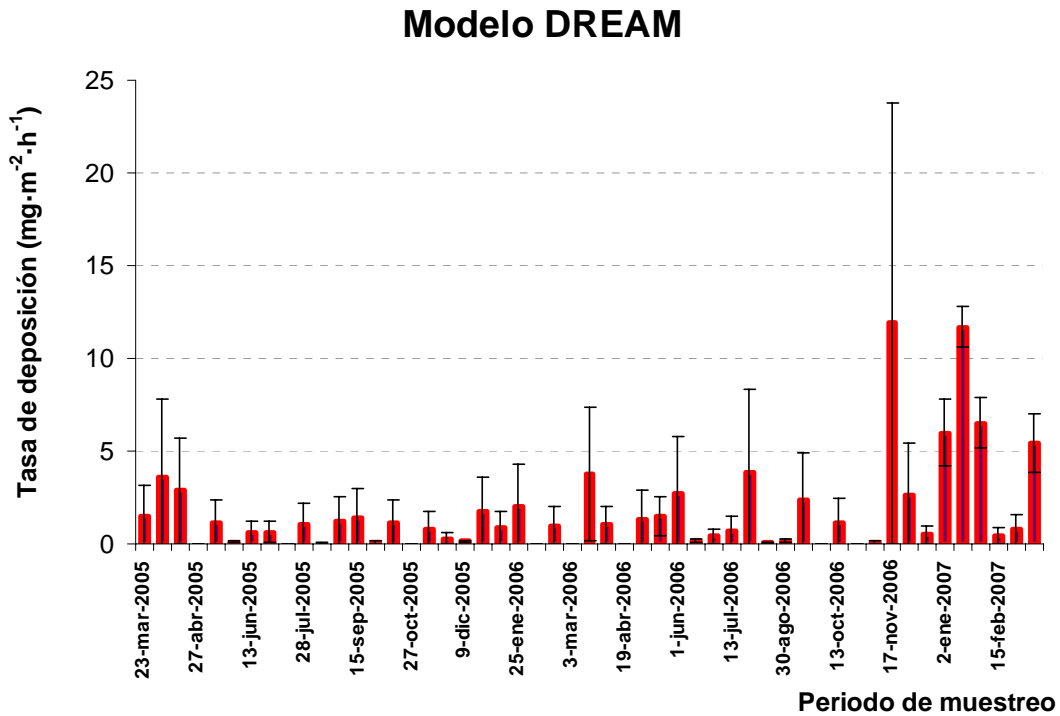


Figura 12. Tasas de deposición del modelo DREAM frente a los periodos de muestreo

La figura 13 permite comparar los valores del modelo DREAM con los obtenidos en el muestreo de la isla. En ella se aprecia que estos últimos quedan en muchas ocasiones por encima de la línea envolvente de los valores del modelo DREAM. Esto puede deberse a que éste no tiene en cuenta el polvo local, sino sólo cuando llegan plumas de polvo sahariano. De hecho, cuando no se produce la llegada de polvo atmosférico externo a las islas, se le asigna en el Modelo a estos periodos un valor 0, como es el caso de los periodos correspondientes al 27 de abril de 2005, 13 de julio de 2005, 27 de octubre de 2005, 8 de febrero de 2006, 3 de marzo de 2006, 19 de abril de 2006, 30 de septiembre de 2006 y 27 de octubre de 2006.

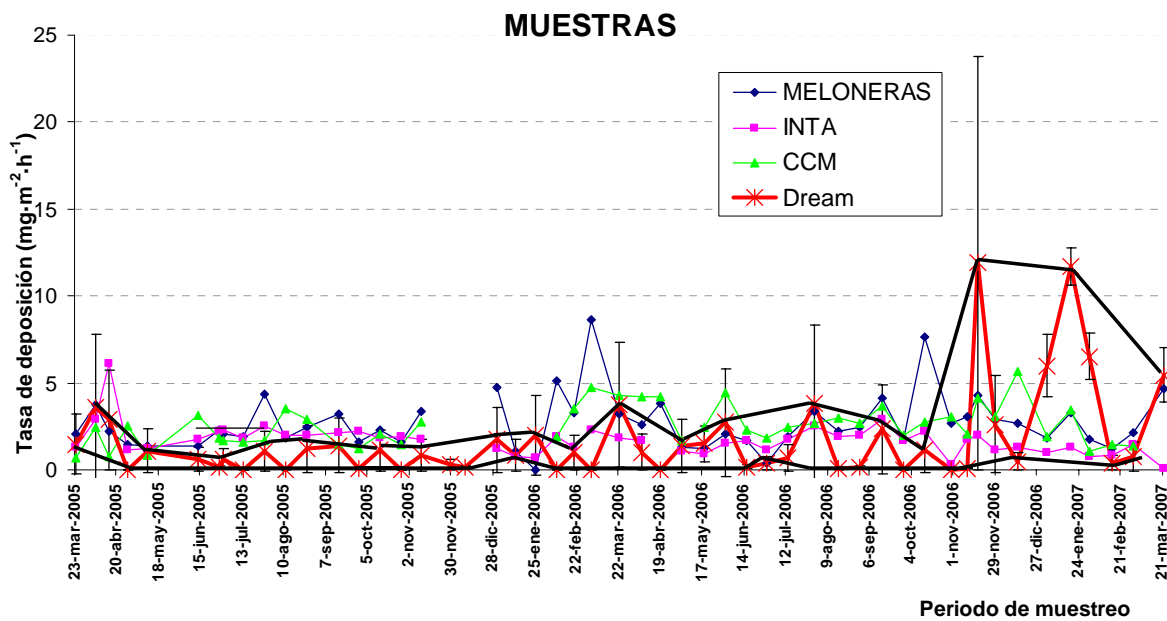


Figura 13. Tasas de deposición de muestras y del modelo en el periodo de muestreo.

Haciendo una correlación de 2 variables entre los datos de cada uno de los puntos de muestreo y el modelo DREAM, se detecta que no existe correlación entre las tasas de deposición muestreadas en la Isla y los valores del modelo DREAM. Las deposiciones de Meloneras obtienen un coeficiente de correlación de 0,003 (figura 14). De la misma manera que en el caso anterior, para INTA y Ciencias del Mar tampoco hay dependencia entre las muestras obtenidas en la isla y el modelo; los coeficientes de correlación se siguen manteniendo en torno a cero (figuras 15 y 16). Esta baja correlación puede venir dada por los valores de polvo obtenidos en los periodos en los que no llegan masas de polvo sahariano a la Isla, que en el Modelo se traducen a un valor de 0 y que sin embargo en los muestreos se obtiene una cantidad propia del polvo local. Otra posible causa son los amplios rangos de valores que se incluyen en el modelo Dream. Como se puede observar de la figura 4 las tasas de deposición del modelo se definen entre unos márgenes amplios (0,5-2, 2-5,5-10,10-100, 100-500, 500-1000  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) por lo que esto hace que los errores sean a su vez grandes. Es decir que el propio margen de error del modelo ya que de por sí es suficientemente ancho como para incluir una parte considerable de nuestros datos de deposición.

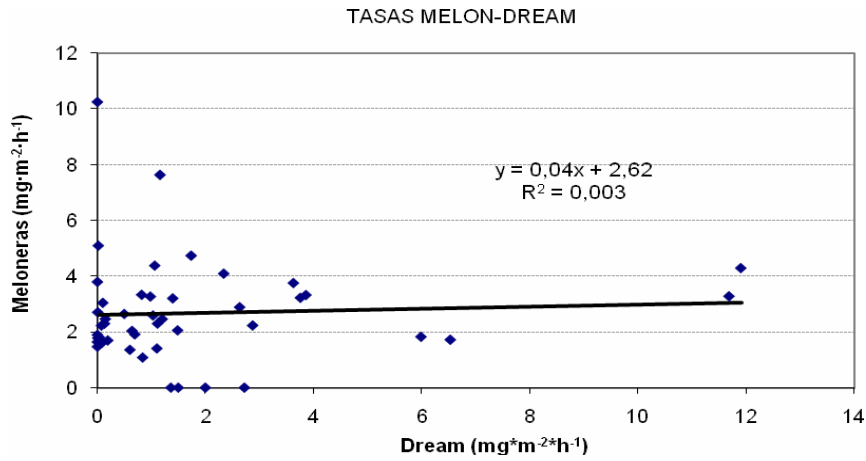


Figura 14. Correlación entre los valores de tasas de deposición del modelo Dream y los de Meloneras.

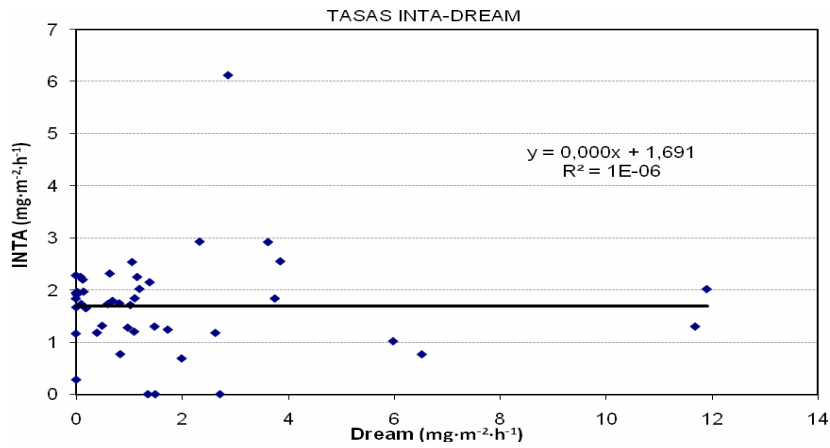


Figura 15. Correlación entre los valores de tasas de deposición del modelo Dream y los de INTA.

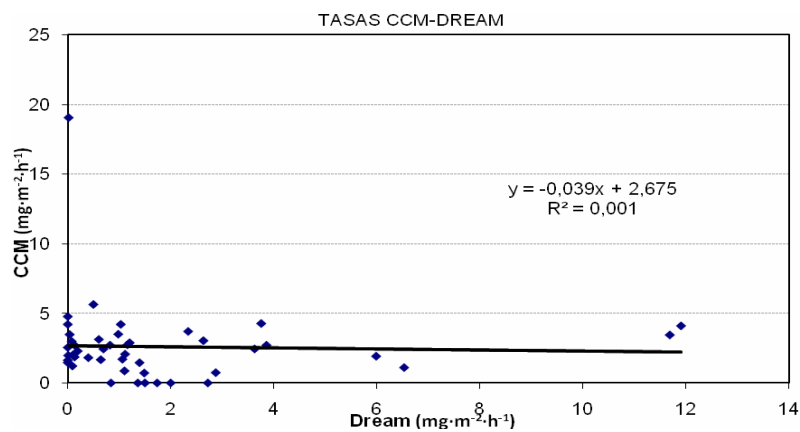


Figura 16. Correlación entre los valores de tasas de deposición del modelo Dream y los de Ciencias del Mar.

Otra variable a tener en cuenta es la intensidad de viento reinante en el periodo de muestreo. En la figura 17 se relacionan las tasas de deposición recogidas en la estación INTA con la velocidad media del viento para cada periodo de muestreo de una estación meteorológica próxima a ella para el año 2006. Sin embargo, se obtuvo una correlación baja entre el viento local y la deposición de polvo, lo que indica que la deposición de polvo es independiente de la velocidad del viento.

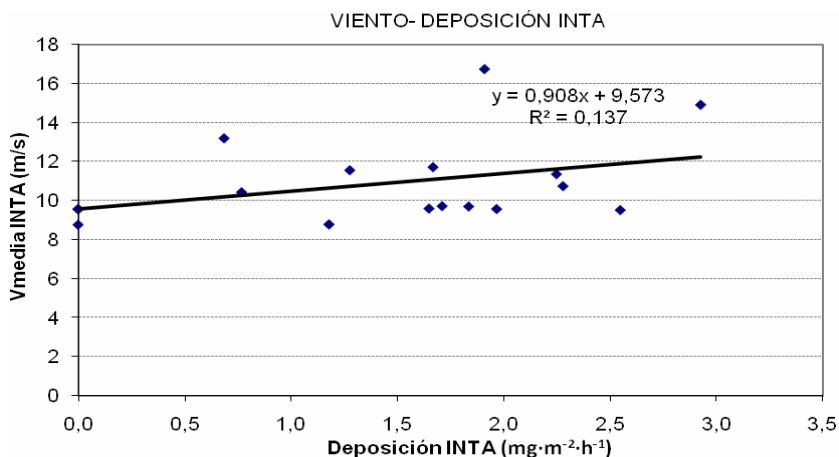


Figura 17. Correlación entre los valores de tasas de deposición del modelo Dream y los de Ciencias del Mar.

La tabla 4 muestra una matriz resultado del test de Pearson de correlación bivalente para varias variables. En él hemos considerado los valores de todas las estaciones de muestreo y los del Modelo Dream.

Variable	Método Correlación	DREAM	MELON	INTA	CCM
DREAM	Pearson (N)	1 (37)			
MELON	Pearson (N)	0,20 (37)	1 (37)	*	**
INTA	Pearson (N)	0,00 (37)	0,40 (37)	1 (37)	
CCM	Pearson (N)	0,20 (37)	0,57 (37)	0,10 (37)	1 (37)

Tabla 4. Valores de los coeficientes de correlación bivalente

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

La matriz muestra que la correlación más fuerte entre los puntos de muestreo se da entre las medidas de MELON y CCM donde el coeficiente de correlación es de 0,57 con un nivel de significación de 0,01. El resultado del análisis muestra que existe una correlación significativa al 0,05 de las muestras de MELON con las de INTA, ya que el coeficiente de correlación entre ambas variables es de 0,40. Se observa en la matriz que la correlación entre INTA y CCM es inexistente ya que su coeficiente de correlación aún es más bajo con un valor de 0,10.

La matriz también muestra que la correlación entre las muestras y el modelo es muy baja, las de CCM presentan un coeficiente de correlación de 0,20 significativo al 0,05 y las de MELON también dan un coeficiente de correlación muy bajo de 0,20. En el análisis estadístico de INTA con el modelo, se observa que su correlación es inexistente ya que el coeficiente de correlación dio nulo

Seguidamente, se volvió a realizar un análisis estadístico de Pearson de correlación bivalente, separando las épocas de calima del periodo total para ver si mejora la relación entre el modelo y las tasas de deposición recogidas en la isla. Como muestra la tabla 5, los valores no mejoraron y con unos valores de correlación prácticamente nulos se confirma que no existe correlación entre el modelo y las deposiciones de las muestras.

Variable	Método Correlación	DREAM (CALIMA)	DREAM (TOTAL)
MELON	Pearson (N)	-0,2 (32)	-0,2 (32)
INTA	Pearson (N)	-0,1 (33)	-0,0 (33)
CCM	Pearson (N)	-0,2 (31)	-0,2 (31)

Tabla 5. Valores de los coeficientes de correlación bivalente separando los periodos de calima del periodo total de muestreo.

## 6. CONCLUSIONES

Como era de esperar, en los periodos de calima las tasas de deposición de polvo atmosférico dieron valores mayores que en épocas en las que no había condiciones de calima. La estación que presentó los mayores valores medios fue la de Meloneras (MELON) con un valor de deposición medio  $2.91 \pm 1.97 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  para épocas de calima. Sin condiciones de calima los valores medios dieron considerablemente más bajos, con un valor de  $2.05 \pm 0.51 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ . Le sigue la estación de Ciencias del Mar (CCM) con una acumulación en épocas de calima de  $2,44 \pm 1,37 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  y finalmente INTA es donde se depositó menos cantidad de polvo con una media de  $1,73 \pm 1,03 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ .

En todo el periodo de muestreo la estación que presenta un comportamiento más irregular ya que sus valores fluctúan más en el tiempo es la de Ciencias del Mar. Esta estación presentó valores de deposición más altos en condiciones de NO calima que de calima ( $2.13 \pm 0.74 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ) de lo que se deduce que es el punto al que más le afecta el polvo local.

Los valores medios de predicción del modelo bajo condiciones de calima oscilan entre  $2.35 \pm 2.79 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ , no siendo el mayor valor de deposición pero sí con una gran oscilación, de hecho el modelo oscila mucho más que las deposiciones recogidas en la isla. De hecho el que en las representaciones gráficas, no coincidan las muestras con el modelo y que siempre queden por encima de éste se debe fundamentalmente a dos razones. Por un lado a que el modelo sólo tiene en cuenta que se produce la deposición de polvo atmosférico cuando hay una fuente externa, así que si se tuviera en cuenta la deposición de polvo local del ambiente de la propia isla los valores del modelo serían sensiblemente superiores. Por otro lado, el rango de variabilidad de los valores del modelo es muy elevado, ya que se trata del 150% de oscilación debido a que sus valores están definidos en un rango muy amplio de valores (figura 4).



Con la correlación lineal simple hecha dos a dos entre los datos recogidos y el modelo DREAM, se obtuvo que ninguna de ellas estuvieron relacionada con el modelo. Posteriormente con el análisis de múltiples correlaciones lineales los coeficientes de correlación mejoraron no sólo entre cada uno de los puntos y el modelo sino también entre ellas, a pesar de que siguen siendo valores muy bajos de correlación. En cuanto a nuestras estaciones de muestreo, las que más relacionadas están son las muestras de MELON y CCM, seguida de MELON e INTA con una correlación menor y finalmente las muestras de INTA y CCM. Se pensó que estas diferencias entre los puntos pudieran darse por el efecto del viento, pero al relacionarlo con las muestras de la estación INTA, se vio que las deposiciones no dependen del viento local sino de otros factores, ya que las condiciones locales de cada punto de muestreo son muy diferentes entre sí, como la altitud y la orientación.

Tampoco se obtuvo ninguna correlación entre las deposiciones de nuestras estaciones y las del modelo al hacer un filtrado de los datos entre los periodos de calima de los totales. Esto puede deberse a varios motivos ya que el modelo posee una cierta incertidumbre al ser predictivo y que no tiene en cuenta el polvo local pero, fundamentalmente, el factor que más puede hacer que no se correlacionen es que los rangos de error que maneja el modelo son tan grandes que esto dificulta cualquier correlación que se pretenda hacer con nuestros datos, cuyas fluctuaciones entran dentro de ese error.

## **7. AGRADECIMIENTOS**

Agradecer al Instituto Nacional de Teledetección Aeroespacial, al Hotel Club Riu Meloneras y al Instituto de Algología Aplicada de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, su colaboración y valiosa contribución al presente trabajo.

Agradecer también al Instituto Nacional de Supercomputación por poner a disposición pública los datos del modelo DREAM sin los que no se hubiera completado el presente trabajo.

Por último agradecer a los profesores de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Dña Inmaculada Menéndez y Don Ignacio Alonso Bilbao su trabajo, dedicación y asesoramiento en la realización de este trabajo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Andreae, M.O., 1996. Raising dust in the greenhouse. *Nature*. 380, 340-389.
- Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J., Ancochea, E., Meco, J., Hernán, F., Cubas, C.R., Casillas, R., Rodríguez Bardiola, E., Ahijado, A., 2002. Cenozoic volcanism II: The Canary Islands. *The geology of Spain*. W. Gibbons and T. Moreno (Editors). The Geological Society, London, 439-474
- Díaz- Hernández, J.L., Miranda, J.M., 1997. Tasas de acumulación de polvo atmosférico en un área semiárida del entorno mediterráneo occidental. *Estudios Geológicos*, 53,211-220.
- Dorta, P., 1999. Las invasiones de aire sahariano en Canarias. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias y Caja Rural de Tenerife (editores), Santa Cruz de Tenerife.
- Dorta, P., Gelado, M<sup>a</sup>. D., Hernández, J.J., Cardona, P., Collado, C., Mendoza, S., Rodríguez, M<sup>a</sup> J., Siruela V., Torres, M<sup>a</sup>. E., 2005. Frecuencia, estacionalidad y tendencias de las advecciones de aire sahariano en Canarias (1976-2003). *Investigaciones Geográficas*, N<sup>o</sup> 38, páginas 23-45.
- Hermann, L., Jahn, R., Starhr, K., 1996. Identification and quantification of dust additions in perisaharan soils. *The impact of desert dust across the Mediterranean*. Guerzoni, S. & Chester, R. (Editors). Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 133-151.
- Instituto Tecnológico Minero Español (ITGE), 1992. Mapa Geológico de España escala 1:100.000. 1<sup>a</sup> Edición (Magna). Hoja de la Isla de Gran Canaria (21-21/21-22). I.T.G.E. Serv.Pub M<sup>o</sup> Industria, Madrid.
- Kallos, G., Nickovic S., Kakaliagou O., Jovic, D., 1997. aerosol production, transport, deposition process in the Eta model: Desert dust simulations. *Proceedings of the Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel Computer Environments*. Kallos G., Kotroni V., Lagouvardos K. 155-164
- Li, X., Maring H., Savoie, D., Voss, K. Prospero, J.M., 1996. Dominance of mineral dust in aerosol light scattering in the North Atlantic trade winds. *Nature*. 380,416-419.
- Marzol, M.V., Dorta, P., Valladares, P., 1996. La lluvia, un recurso natural para Canarias. Servicio de Publicaciones de la Caja de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.

- Marzol, M.V. 1988. La lluvia, un recurso natural para Canarias. Servicio de publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias, 130. Las Palmas de Gran Canaria.
- Menéndez, I., Mangas, J., Alonso, I., Sánchez Soto, P.J., 2007. Airborne dust accumulation and soil development in the North East sector of Gran Canaria. *Journal of Arid Environment*, 71, 57-81.
- Moreno, A., Targarona, J., Henderiks, J., Canals, M., Freudenthal, T., Meggers, H., 2001. Orbital forcing of dust supply in the North Canary Basin over the last 250 kyrs. *Quaternary Science Reviews*, 20, 1327-1339
- Nickovic S., Dobricic S., 1996. A model for long-range transport of desert dust. *Mon Weather Rev.* 124, 2537-2544.
- Nickovic S., Kallos G., Papadopoulos A., Kakaliagou O., 2001. A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere. *Journal of Geophysical Research*, vol.106, NO.D16, 18-129.
- Tegen, I., Fung, I. 1994. Modelling of mineral dust in the atmosphere sources, transport, and optical thickness. *J. Geophys. Res.*, 99, 22987,-22,914
- Sánchez, J., Ríos, C., Pérez –Chacón, E., Suárez, C. 1995. Cartografía Potencial del Medio Natural de Gran Canaria. Cabildo Insular de Gran Canaria y Universidad de Valencia (Editores). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Mapas y Memoria).
- Plan Indicativo de Usos del Dominio Público Litoral, 1976. Dirección General de Costas. Ministerio de Medio Ambiente.
- Plan Insular de Ordenación de Gran Canaria, 2003. Cabildo Insular de Gran Canaria. Climatología. Volumen I
- Vera J.A., 2004. Geología de España. Sociedad Geológica de España- Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.
- Sancho, P., de la Cruz, I., Díaz, A., Martín, F., Hernández, F., Valero F., Labran, A., 1992. A five years climatology of back trajectories from the Izaña baseline station, Tenerife, The Canary Islands. *Atmos Environ*, 26, 1081-1096.

Páginas web utilizadas:

Centro Nacional de Supercomputación. [www.bsc.es](http://www.bsc.es)