

# RELACION ENTRE FACTORES METEOROLÓGICOS Y RECUENTOS DE PÓLENES DE GRAMÍNEAS CAUSANTES DE ALERGIAS

José Luis CAMACHO RUIZ\* y Javier SUBIZA GARRIDO LESTACHE\*\*

\* *Subdirección General Climatología y Aplicaciones, Instituto Nacional de Meteorología*

\*\* *Centro de Asma y Alergia Subiza, Madrid*

## RESUMEN

Los pólenes de gramíneas son la causa más importante de la fiebre del heno. Esta comunicación es desarrollo y ampliación de trabajos previos para hallar relaciones entre factores meteorológicos y cantidades totales de dichos pólenes en la ciudad de Madrid. Se establecen correlaciones entre diferentes combinaciones de totales de precipitación y temperaturas para los meses previos y durante la época de polinización en la zona centro de España: meses de mayo y junio. El periodo de datos utilizado abarca desde 1979 a 2001. Los resultados apuntan fundamentalmente a la importancia de las precipitaciones invernales previas a la temporada de floración por lo que puede ser utilizado como un predictor de la intensidad del fenómeno en la primavera siguiente.

**Palabras clave:** Alergias, pólenes, climatología, Madrid.

## ABSTRACT

*Grass pollens are the most important cause of hay fever in Spain. This communication is a development and improvement of previous works in order to find relationships between meteorological factors and total quantities of those pollens in the area of Madrid. Several correlations were found among different combinations of total of precipitation and temperatures for the previous months and during the pollination period in the central area of Spain: May and June. Data period ranges from 1979 to 2001. The importance of previous winter precipitations to the pollination season is highlighted. That factor could be used as a predictor for the intensity of the allergenic phenomenon in the following spring.*

**Key words:** Allergies, pollens, climatology, Madrid.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las gramíneas son la causa más importante de polinosis (rinoconjuntivitis y asma polínico) en casi todo el mundo debido a su gran alergenicidad y a su extensa distribución (BLACKKEY, 1873; BAGNI *et al.*, 1976; LEWIS, VINAY y ZENGER, 1983). En el caso de la ciudad de Madrid se ha podido comprobar que las gramíneas representan la primera causa de rinitis y asma bronquial (SUBIZA *et al.*, 1995). En esta ciudad se detectan epidemias de asma en los meses de mayo y junio, pero no en todos los años, sino sólo en aquellos en que las concentraciones de pólenes de gramíneas son altas (TOBIAS *et al.*, 2003). Esto plantea un problema de salud pública, ya que tanto los pacientes, médicos e industria farmacéutica no pueden prever la gravedad de la epidemia que se avecina cada año. Con objeto de poder estimar la intensidad de la temporada de polinización, se realizó un estudio estadístico para relacionar la cantidad total anual de pólenes de gramíneas con diferentes variables meteorológicas: precipitación fundamentalmente pero también la humedad relativa, aunque los mejores resultados se obtienen para las primeras.

## 2. METODOLOGÍA

Los datos de recuentos de pólenes han sido recogidos en una hoja de cálculo en la cual figuran los datos diarios medidos en el Centro de Asma y Alergia Subiza en la zona noreste de Madrid. A partir de ellos se han elaborados los datos de recuentos anuales. Los valores que aportan cantidades significativas al total se producen en una temporada que va desde mayo hasta julio según se puede ver en la figura 1 en la que se representa la curva con suavizado mediante media móvil de cinco días. Los valores son número medio de granos de pólenes de gramíneas por metro cúbico de aire a lo largo de un periodo de 24 horas. La medición se efectúa con colectores Burkard siguiendo una metodología estandarizada (SUBIZA *et al.*, 1995).

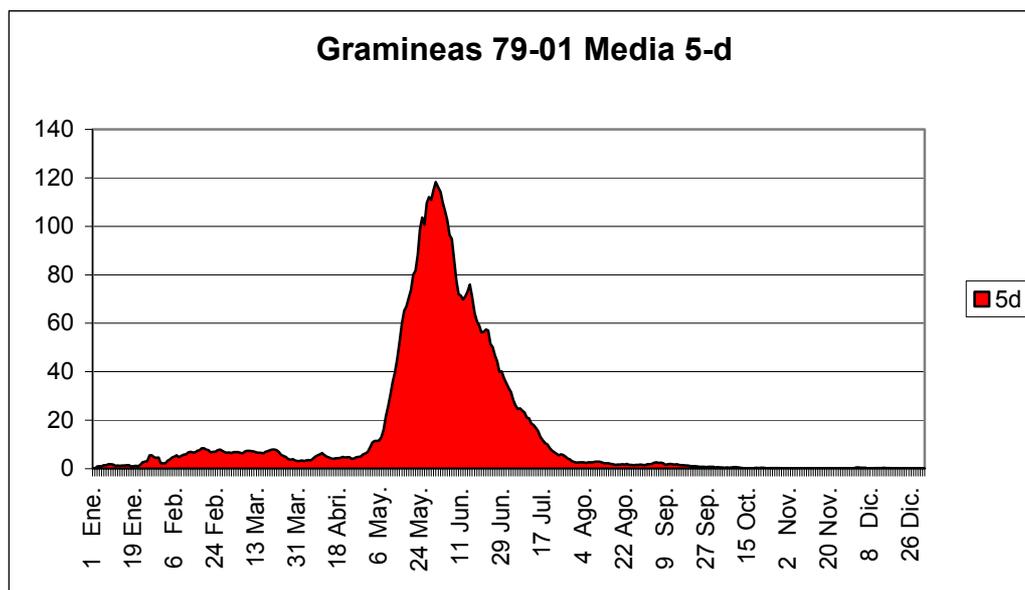


Fig. 1. Concentraciones diarias de pólenes en Madrid. Suavizado media móvil 5 días

Los datos meteorológicos los aporta el observatorio situado en el Parque del Retiro en el corazón de Madrid. Estos consisten en los datos diarios de temperaturas máxima, mínima, media y precipitación de 7 a 7 horas. Con ellos se construyen los datos mensuales o las combinaciones necesarias.

Se ha utilizado hojas de cálculo EXCEL y el software STATGRAPHICS para la obtención de correlaciones lineales y análisis multivariante.

## 3. AJUSTES SÓLO CON PRECIPITACIÓN

Basándonos como punto de partida en el artículo de SUBIZA *et al.* (1992), en el cual se realizaba un ajuste lineal con diferentes totales de precipitación: total recogido en los meses de octubre a enero (OJR en adelante), total de febrero (FR) y total de marzo (MR), se propone mejorar la base estadística utilizada en dicho artículo: 1978 a 1991 ampliándola hasta 2001 y quitando 1978.

Los siguientes ajustes (hasta 12) han servido para ensayar con diferentes combinaciones de factores meteorológicos y se han comparado con los valores observados de pólenes durante la temporada de las alergias. Llamamos TPL a la cantidad total de pólenes:

El ajuste original se expresaba como  $TPL = 22 (OJR) - 61 (FR) + 44,7 (MR) + 1871$ . Con la ampliación del periodo el ajuste obtenido queda  $TPL = 14,5(OJR) - 18,8(FR) + 25,0(MR) + 2030,4$ . El p-valor para FR supera el 0,10, por lo que este término no es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 90% o superior. Nótese también que tiene signo negativo, lo que llama la atención a los autores del artículo mencionado. Quizás la recomendación mejor es ensayar con otras fórmulas que no tengan en cuenta FR y que introduzcan forzamientos sin conexión física con el fenómeno. El valor del coeficiente de regresión para el segundo ajuste es de 0,6091. Estas dos primeras fórmulas reciben el nombre de F1 y F2.

Aproximación 3. Precipitación total de octubre a marzo (OMR) con coeficiente b.

$$F3. \quad TPL = 13,3 (OMR) + 1526,4 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,4569$$

Aproximación 4. Precipitación octubre a marzo (OMR), precipitación total abril (AbR) y precipitación total en mayo (MyR).

$$F4. \quad TPL = 14,1 (OMR) + 16,9 (AbR) + 22,2 (MyR) - 545,7 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,6263$$

Aproximación 5. Precipitación total de octubre a marzo (OMR), precipitación total mayo (MyR) con coeficiente b.

$$F5. \quad TPL = 13,2 (OMR) + 20,0 (MyR) + 547,1 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,5675$$

Aproximación 6. Precipitación octubre a marzo (OMR), precipitación total mayo (MyR) sin coeficiente b.

$$F6. \quad TPL = 14,7 (OMR) + 22,6 (MyR) \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,5593$$

Se calcularon los coeficientes de correlación entre la serie de valores de pólenes TPL y cada uno de las series de valores meteorológicos de forma independiente obteniéndose los siguientes valores de  $r^2$  para ellos: OJR: 0,7167; FR: -0,1972; MR: 0,2394; OMR: 0,6760; AbR: 0,0687; MyR: 0,3435.

Podemos deducir que las precipitaciones de otoño e invierno son de gran importancia en el desarrollo posterior de la temporada de polinización de las gramíneas. El predictor con más garantías será la precipitación total octubre-enero. Este hecho reflejaría en la zona centro de la Península la necesidad de que haya buen tempero en invierno para la recogida posterior de buenas cosechas de cereales.

A continuación, se procedió a catalogar los episodios de temporada polínica según los umbrales citados en artículo de SUBIZA *et al.* (1992). Intensidad baja: total de pólenes menor de 4.000; Media entre 4.000 y 5.500; Alta: Más de 5.500.

Se procedió a categorizar la temporada entre NO OCURRENCIA de episodio de intensidad alta: Clase 0 y OCURRENCIA de intensidad alta: Clase 1. A esta división le llamaremos Clasificación I (Clf I). Para mejor comprensión de resultados se realizó una segunda categorización teniendo en cuenta las tres clases como 0, 1 y 2 siendo 2 la de intensidad elevada: Clasificación II (Clf II). Se

procedió a categorizar los resultados de estas seis primeras fórmulas en virtud exclusivamente de la CLASE I. Los resultados de la clasificación y los pronósticos del tipo de temporada de total de pólenes según las fórmulas 1 a 6 con la “clasificación I” solamente, se muestran en la tabla 1.

El total de ocurrencias de temporadas de intensidad elevada fue de 9 (destacados en negrita). Se observa aquí y también en un análisis de la tendencia del total de pólenes, que se produce un aumento en la década de los noventa, especialmente a partir de 1994.

Tabla 1. Clasificación temporadas. Predicción de temporada según formulas 1 a 6

Año	Límites: 4000 5500 Polen total	Cif I Media baja = 0, Alta= 1	Cif II Baja=0, Media=1 Alta = 2	F1 Cif I	F2 Cif I	F3 Cif I	F4 Cif I	F5 Cif I	F6 Cif I
1979	4.275,6	0	1	0	1	1	1	1	1
1980	4.133,7	0	1	0	0	0	0	0	0
1981	4.039,0	0	1	0	0	0	0	0	0
1982	3.144,9	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	3.132,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>1984</b>	6.597,2	<b>1</b>	2	1	0	0	1	1	1
<b>1985</b>	7.256,4	<b>1</b>	2	0	0	1	0	0	0
1986	3.948,0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	4.626,0	0	1	0	0	0	1	0	0
<b>1988</b>	7.318,0	<b>1</b>	2	1	0	0	1	0	0
1989	4.782,0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>1990</b>	6.588,0	<b>1</b>	2	1	1	1	0	1	1
1991	2.802,0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	2.160,0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	4.278,0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>1994</b>	5.857,0	<b>1</b>	2	0	0	0	1	1	1
1995	1.874,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>1996</b>	6.588,0	<b>1</b>	2	1	1	1	1	1	1
1997	4.214,0	0	1	1	1	1	1	1	1
<b>1998</b>	7.091,0	<b>1</b>	2	1	1	1	1	1	1
1999	3.817,0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>2000</b>	6.031,0	<b>1</b>	2	1	1	0	0	0	0
<b>2001</b>	7.885,0	<b>1</b>	2	1	1	1	1	1	1
SUMA	112.437,8	9		8	7	7	9	8	8
Media	4.888,6								

Para evaluar el resultado de las fórmulas se procedió a contar los aciertos de predicción de episodios (A), las falsas alarmas (F) y las no detectadas (N). Para expresarlo se calculó para cada fórmula los valores de Probabilidad de Detección (POD), Cociente de Falsas Alarmas (FAR) y Índice Crítico de Éxito (CSI) y se obtuvo el cuadro que se reproduce a continuación (Tabla 2):

Tabla 2. Índice de aciertos. Formulas 1 a 6

Scores 1	Scores 2	Scores 3	Scores 4	Scores 5	Scores 6	
	F	F	F	F	F	1979
A	N	N	A	A	A	1984
N	N	A	N	N	N	1985
			F			1987
A	N	N	A	N	N	1988
A	A	A	N	A	A	1990
N	N	N	A	A	A	1994
A	A	A	A	A	A	1996
F	F	F	F	F	F	1997
A	A	A	A	A	A	1998
A	A	N	N	N	N	2000
A	A	A	A	A	A	2001
7	5	5	6	6	6	Aciertos
1	2	2	3	2	2	Falsas Alarmas
2	4	4	3	3	3	No detectado
77,78%	55,56%	55,56%	66,67%	66,67%	66,67%	POD
11,11%	22,22%	22,22%	33,33%	22,22%	22,22%	FAR
70,00%	45,45%	45,45%	50,00%	54,55%	54,55%	CSI

Se aprecia que la fórmula original da mejores resultados que los otros ajustes en base al periodo completo. Una posible explicación es que el comportamiento de los años que se introducen (desde 1992 en adelante) en las nuevas fórmulas sea diferente al haber aumentado la frecuencia de las temporadas de intensidad elevada. Se destaca que en la fórmula 4, la de mejores resultados en segundo lugar, se incluyen las precipitaciones de abril y mayo con coeficientes positivos. Sin embargo, estos valores tienen escaso valor predictivo real ya que en mayo los pacientes de alergia al polen de las gramíneas están ya bajo sus efectos.

#### 4. AJUSTES INCLUYENDO LA TEMPERATURA

A continuación se introdujeron valores de temperaturas correspondientes a los meses invernales y a abril y mayo. Una vez establecida la importancia de las precipitaciones del otoño e invierno y las precipitaciones del mes de mayo, la búsqueda se centró en lograr un tercer predictor asociado a las temperaturas.

Aproximación 7. Precipitación octubre a marzo (OMR), precipitación total en mayo (MyR) y temperatura media de mayo (TmMy).

$$F7. \quad TPL = 12,8 (OMR) + 17,5 (MyR) - 143,8 (TmMy) + 3124,5 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,5877$$

Aproximación 8. Precipitación total de octubre a marzo (OMR), precipitación total mayo (MyR) y temperatura invernal media suma de medias de enero, febrero y marzo (TmInv).

$$F8. \quad TPL = 13,5 (OMR) + 20,7 (MyR) - 34,1 (TmInv) + 1297,1 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,5705$$

Aproximación 9. Precipitación octubre a marzo (OMR), precipitación total en mayo (MyR) y temperatura invernal mínima como suma de mínimas de enero, febrero y marzo (TminInv).

$$F9. \quad TPL = 16,0 (OMR) + 22,0 (MyR) - 134,0 (TminInv) + 1430,2 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,6039$$

Aproximación 10. Precipitación total de octubre a marzo (OMR), precipitación total mayo (MyR) y temperatura máxima media de mayo (TmaxMy).

$$F10. \quad TPL = 12,5 (OMR) + 15,1 (MyR) - 183,6 (TmaxMy) + 4973,1 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,6065$$

Aproximación 11. Precipitación total de octubre a enero (OJR), precipitación total mayo (MyR) y temperatura máxima media de mayo (TmaxMy).

$$F11. \quad TPL = 14,1 (OJR) + 10,8 (MyR) - 233,2 (TmaxMy) + 6650,0 \quad \text{Coeficiente } R^2 \text{ es } 0,6578$$

El mayor coeficiente de correlación se produce en la fórmula que incluye las temperaturas máximas de mayo pero el signo del factor es negativo por lo que indicaría la necesidad de que no se produjeran grandes calores en dicho mes para no agostar las plantas antes de tiempo y mantener elevada la producción de polen. Otra posible explicación sería que las temperaturas máximas elevadas indicaran ausencia de viento y falta de ventilación para arrastrar las partículas de polen con lo cual los pólenes se quedarían en las plantas. Siguiendo la categorización antes citada, las predicciones según las fórmulas 7 a 11 son las de la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación temporadas. Predicción de temporada según formulas 7 a 11

Año	Total Polen	Clase I	F7	F8	F9	F10	F11
1979	4.275,6	0	1	1	1	1	1
1980	4.133,7	0	0	0	0	1	1
1981	4.039,0	0	0	0	0	0	0
1982	3.144,9	0	0	0	0	0	0
1983	3.132,0	0	0	0	0	0	0
<b>1984</b>	6.597,2	<b>1</b>	1	1	1	1	1
<b>1985</b>	7.256,4	<b>1</b>	1	1	1	1	1
1986	3.948,0	0	0	0	0	0	0
1987	4.626,0	0	0	0	0	0	1
<b>1988</b>	7.318,0	<b>1</b>	0	0	0	1	1
1989	4.782,0	0	0	0	0	0	0
<b>1990</b>	6.588,0	<b>1</b>	0	0	0	0	1
1991	2.802,0	0	0	0	0	0	0
1992	2.160,0	0	0	0	0	0	0
1993	4.278,0	0	0	0	0	0	0
<b>1994</b>	5.857,0	<b>1</b>	1	1	1	1	1
1995	1.874,0	0	0	0	0	0	0
<b>1996</b>	6.588,0	<b>1</b>	1	1	1	1	1
1997	4.214,0	0	1	0	0	1	1
<b>1998</b>	7.091,0	<b>1</b>	1	1	1	1	1
1999	3.817,0	0	0	0	0	0	0
<b>2000</b>	6.031,0	<b>1</b>	0	0	0	0	0
<b>2001</b>	7.885,0	<b>1</b>	1	1	1	1	1
	112.437,8	9	8	7	7	10	12

Que traducido en términos de POD, FAR y CSI los resultados del éxito en la predicción de temporadas de niveles elevados de pólenes viene reflejado en la tabla 4.

Tabla 4. Índice de aciertos. Formulas 7 a 11

Score 7	Score 8	Score 9	Score 10	Score 11	
F	F	F	F	F	1979
			F		1980
A	A	A	A	A	1984
A	A	A	A	A	1985
N	N	N	A	A	1988
N	N	N	N	A	1990
A	A	A	A	A	1994
A	A	A	A	A	1996
F			F	F	1997
A	A	A	A	A	1998
N	N	N	N	N	2000
A	A	A	A	A	2001
6	6	6	7	8	Aciertos
2	1	1	3	2	Falsa Alarm
3	3	3	2	1	No detect
66,67%	66,67%	66,67%	77,78%	88,89%	POD
22,22%	11,11%	11,11%	33,33%	22,22%	FAR
54,55%	60,00%	60,00%	58,33%	72,73%	CSI

La fórmula 11 proporciona los mejores resultados. Se hace notar que todas las fórmulas dieron falsa alarma en el año 1979. Una temporada con intensidad media baja en realidad que fue pronosticada con valores “ligeramente” por encima del umbral de intensidad alta en las fórmulas aparentemente de mejor resultado. El otro caso llamativo es el del año 2000 en donde la mayor parte de las fórmulas pronosticaban una temporada de intensidad media y se produjo, en cambio una de intensidad elevada. Hay que remarcar que las dos únicas fórmulas que pronosticaron correctamente fueron las dos que respetaban el esquema original: Precipitaciones octubre-enero, Precipitación febrero y Precipitación marzo en la versión inicial del artículo de J. Subiza (F 1) y ampliada en este trabajo (F 2).

Un nuevo intento utilizando las medias de las fórmulas 7 a 11 y dos variantes sobre la Fórmula 11 introduciendo Precipitaciones octubre a febrero (Fórmula 12) y la Temperatura máxima media en junio (Fórmula 13) no aportaron mejores resultados. Hay que remarcar que el análisis inicial se realizó con EXCEL y un número limitado de variables. Al disponer de STATGRAPHICS se realizó un análisis complementario incluyendo todas las temperaturas medias, máximas y mínimas promedio mensuales de los meses de enero a junio, no obteniéndose mejores resultados para otras variables que las utilizadas en la fórmula 11.

## 5. CONCLUSIONES

El principal factor que incide “*a priori*” sobre el desarrollo de una temporada de polinización de las gramíneas alergénicas es el total de precipitaciones en el otoño-invierno. En la meseta central de la Península, dichas precipitaciones se producen principalmente de octubre a enero. Por tanto OJR es el factor más importante como predictor puro al ser el único que es posible conocerlo a finales de marzo, “antes” de la temporada de polinización.

Las precipitaciones y las temperaturas máximas del mes de mayo son los otros dos factores que aparecen como significativos. Su valor en términos de predicción real es menos importante ya que solo es posible conocerlos “*a posteriori*” o evaluarlos a través de modelos de predicción estacional que deberían de disponer de una salida apropiada y “calibrada” para el entorno de Madrid.

Por tanto, las fórmulas 1 y 2 pueden dar una primera aproximación a la predicción de la intensidad de la temporada. En líneas generales se puede concluir que si el otoño e invierno han sido lluviosos la temporada de gramíneas en primavera será buena para los agricultores y mala para los alérgicos.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a José Antonio López, Jefe de la Unidad de Técnicas Climatológicas del Instituto Nacional de Meteorología por su valiosa orientación y por sus consejos.

## 7. REFERENCIAS

- BLACKLEY, S.C.H. (1873). *Experimental Researches on the Nature and Causes of Catarrhus Aestivus*. London, Bailliere, Tindal & Cox.
- BAGNI, N. *et al.* (1976). “City spore concentrations in the European Economic Community (EEC) I. Grass pollen, 1973”. *Clin Allergy*, 1976, 6, pp. 61-8
- LEWIS, W.H.; VINAY, P. and ZENGER, V.E. (Eds.) (1983). “Grasses and grasslike plants.” *Airborne and allergenic pollens of North America*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, pp. 105-28.
- SUBIZA, J. *et al.* (1992). “Prediction of annual variations in atmospheric concentrations of grass pollen. A method based on meteorological factors and grain crop estimates”. *Clinical and Experimental Allergy*, 22, pp. 540-546.
- SUBIZA, J. *et al.* (1995). “Allergenic Pollen and Pollinosis in Madrid.” *J. Allergy Clin. Immunol.*, 96, pp. 15-23.
- TOBIAS, A. *et al.* (2003). “Short term effects of airborne pollen concentrations on asthma epidemic.” *Thorax*, 58(8), pp. 708-710.