

Predicción de eventos extremos de polen alergénico en la Comunidad de Madrid. Inicio de la estación polínica del plátano de sombra.

Jose Luis Camacho⁽¹⁾, Darío Cano⁽¹⁾, Patricia Cervigón⁽²⁾, Adela M. Gutiérrez⁽²⁾, Javier Subiza⁽²⁾

⁽¹⁾ Agencia Estatal de Meteorología, Madrid, España, camacho@inm.es

⁽²⁾ Red PALINOCAM.

SUMMARY

Allergenic pollens originated health problems in a rising segment of population on developed countries. Adequate forecast of extreme health related events such peaks or start of pollination season could allow to take preventive measurement that reduce hospitalization cases and an improvement in life conditions for patients that are allergic to pollens. In central part of Spain, main species that originate such pollens are grasses, plane tree, olive tree and Cupressaceae. In Madrid autonomous region, PALINOCAM Network operates 11 pollen catchments stations and issues pollen forecasts daily. AEMET supports this structure providing observed and forecast meteorological data and also new prediction tools. In this paper, a description of plane tree start of pollination season forecast procedure is shown. Main basis is the fact that it is needed to reach a value threshold on previous heat accumulation that allow to plane tree buttons to grow and start spreading its pollen. Threshold adjustment procedure for accumulate heat and daily pollen accounts is described. Up to seven days of forecasted extreme temperatures are added to observed temperature series to give forecasted accumulated heat. An evaluation of an operational scheme for the start of pollination season in March 2008 for Madrid-City has been done.

1. INTRODUCCIÓN

El polen tiene un función fundamental en la reproducción de las plantas con flores, y su producción y emisión a la atmósfera es un fenómeno natural y periódico. Sin embargo, algunos tipos de polen pueden ocasionar reacciones alérgicas en las personas sensibles cuando sobrepasan ciertos niveles de concentración, como enrojecimiento de la piel, rinitis, conjuntivitis o dificultades respiratorias, y en los casos más graves, episodios de asma. Se calcula que un 5% de la población en Europa, está afectada por asma. El polen procedente de las gramíneas, de los plátanos de paseo, de los olivos y de las cupresáceas (arizónicas) es responsable de la mayoría de los casos de polinosis en nuestra región. El control rutinario de polen atmosférico lo lleva a cabo la Red PALINOCAM, que cuenta con 11 estaciones de muestreo, públicas y privadas, coordinadas desde el Instituto de Salud Pública de la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. Mediante la serie de datos diarios de polen suministrada por la red, y la información de las estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) más próximas a las estaciones de muestreo, se ha diseñado un modelo estadístico-conceptual de pronóstico de eventos polínicos con efectos en la salud de la población.

2. PLATANO: INICIO EN MADRID-CIUDAD DE SU ESTACION POLINICA

Según Subiza et al. (1998), en nuestra región, el polen de los plátanos (sicomoros) ocupa el tercer lugar como responsable de sensibilización alérgica (56%), después del polen de los olivos (64%) y del polen de las gramíneas (96%). La mayoría de los pacientes alérgicos son sensibles a varios tipos de polen. Desde el punto de vista clínico, el polen de *Platanus* provoca síntomas de asma que comienzan de forma

muy brusca pasando el paciente de estar asintomático a presentar agudizaciones importantes del asma en tan sólo 1-3 días, coincidiendo con el comienzo brusco de su polinización. El registro de polen en la atmósfera puede pasar de cero a cientos de granos por m³ en menos de una semana. Un pronóstico anticipado del inicio de la polinización de este árbol permitiría al paciente tomar las medidas preventivas con anticipación y de esa forma disminuir el número de agudizaciones del asma y requerimientos de asistencia médica urgente (Alcázar et al. 2004, Varela et al. 1997)

La fecha de inicio de la estación polínica se puede fijar mediante diferentes criterios clínicos o estadísticos. Teniendo en cuenta que la floración del plátano puede ser muy rápida y que valores relativamente pequeños ya dan lugar a sensibilización, después de realizar estudios con diferentes umbrales se ha fijado el valor 30 granos/m³ como estadísticamente estable (valores superiores cambian muy poco la fecha y valores inferiores la vuelven muy inestable con frecuentes “falsos inicios”) para considerar iniciada la estación polínica del plátano. Este criterio, difiere de los utilizados en otros trabajos de aerobiología para delimitar la “estación polínica” que aparecen recogidos y revisados en (JATO, 2006). Dicho valor asegura también la aparición de síntomas en la gran mayoría de pacientes alérgicos.

Una vez fijado este valor, se ha calculado la fecha de inicio de la estación de la Clínica Subiza (situada en el barrio de Salamanca, calle General Pardiñas) que contaba con la serie más larga de recuentos polínicos (1980 - 2006). Según diferentes fuentes, el inicio de la fecha de polinización en los árboles depende en gran medida de la acumulación de calor en los días precedentes, (Weryszko-Chmielewska et al, 2006). Hemos comprobado la relevancia de este factor, en el caso de Madrid. Calculamos entre 1980 y 2006, la acumulación de grados días de las medias sobre 10 grados y la acumulación de grados días de las máximas sobre 15 grados, a partir del

día 1 de enero de cada año y promediamos ambos para cada día. A dicho promedio le llamaremos Promedio de Acumulación de Calor (PAC). El valor medio de dicho PAC sobre las fechas de inicio de la estación nos da un valor estimado de 50 grados que puede ser considerado como un valor umbral. Clasificando la fecha en que dicho promedio está comprendido entre 45 y 55 grados, en clases de tres días, y clasificando asimismo en clases de tres días la fecha en la que los valores diarios de polen atmosférico de plátano desde el momento que se supera el umbral de 30 granos/m³ en la serie de Madrid-General Pardiñas, se obtiene un ajuste lineal entre las referidas clases de fechas de eventos de temperatura y concentraciones diarias de polen. Eliminando los años 1986 y 87, obtenemos entre 1980 y 2006 una relación lineal entre la fecha de inicio de la temporada de polinización del plátano (Clasediapol) y la fecha de superación del umbral de acumulación de calor (Clase diagrd) tal como esta:

$$\text{Clasediapol} = 12,226 + 0,549 * \text{Clasediagr} \quad (1)$$

Relación estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 99%, que explica el 69% de la variabilidad de Clasediapol, con un coeficiente de correlación del 0,831.

Observando las amplias variaciones en fecha del inicio de la estación, desde principios de marzo hasta principios de abril, se fijó la fecha del 28 de febrero y se calculó la acumulación de calor promediando grados día de las máximas sobre 15 grados y grados días de las medias sobre 10 grados y se ordenaron las fechas de inicio de la temporada de polinización (umbral 30) en Madrid-General Pardiñas de menor a mayor. Se obtuvo la tabla 1 en donde puede verse que todos los inicios tempranos de la temporada conllevan acumulación de calor previa importante en el mes de febrero. Parece posible realizar un pronóstico sobre inicios precoces de la estación de polinización del plátano.

AÑO	Grados	Fecha inicio	AÑO	Grados	Fecha inicio
1986	0,7	03-abr	1985	9,7	31-mar
2006	0,8	25-mar	1989	10,2	21-mar
2005	1,4	28-mar	1987	10,5	20-mar
1996	1,9	29-mar	1981	10,9	27-mar
1993	2,0	22-mar	1980	11,6	31-mar
1991	2,4	02-abr	2002	11,7	23-mar
1988	3,5	21-mar	1983	12,5	16-mar
1994	3,9	14-mar	1995	15,3	18-mar
1992	5,0	19-mar	1999	15,9	21-mar
1984	6,0	10-abr	2004	21,9	21-mar
2003	6,3	20-mar	1998	27,1	08-mar
1982	6,8	23-mar	1997	28,0	06-mar
2001	9,4	16-mar	2000	31,8	07-mar
			1990	38,7	14-mar

Tabla 1 -. Clasificación de la fecha de inicio de la estación polínica del plátano, en relación al calor acumulado desde el 1 de enero hasta finales de febrero. Series Madrid General Pardiñas y Madrid Retiro. Años (1980-2006).

3. MODELO DE PRONOSTICO

La herramienta de pronóstico del inicio de la temporada de polinización del plátano en Madrid está compuesta de dos elementos. Un modelo estadístico basado en predicciones deterministas y en las observaciones de las estaciones de la región de Madrid, por un lado, y por otro una serie de tablas y figuras auxiliares basadas en lo acontecido en la serie larga de General Pardiñas desde 1980 y desde 1994 a 2007 en todos los observatorios de la red PalinoCAM. Se dispone de datos polínicos en 8 estaciones de la Comunidad: Madrid-General Pardiñas, Madrid-Ciudad Universitaria, Aranjuez, Getafe, Leganés, Alcobendas y Alcalá de Henares si bien no todas las estaciones tienen las series completas. Inicialmente se han concentrado los esfuerzos en representar el inicio de la temporada de polinización del plátano en Madrid y en su cinturón de ciudades limítrofes, donde se concentra gran parte de la población. Las principales estaciones meteorológicas consideradas son Madrid-Barajas, Madrid-Retiro, Cuatro Vientos, Getafe y Torrejón de Ardoz. Se tomaron los promedios sobre las cinco estaciones de los grados días acumulados de las temperaturas máximas sobre 15 grados y de los grados días acumulados de las temperaturas medias sobre 10 grados, calculándose un PAC combinado de las cinco estaciones..

La conveniencia de utilizar dicho promedio en vez de las acumulaciones de grados días de mínimas o de máximas únicamente se constató tras inspección visual de la evolución de ambas curvas. Con ello se tenía en cuenta el efecto de los días de buena insolación que elevaban las temperaturas máximas pero también de las noches con temperaturas suaves que favorecían la maduración de los botones florales. Se confirmó el valor del PAC de 50 grados día acumulados como el umbral adecuado.

Un hecho observado fue que, en el mes de marzo, tras periodos sostenidos de temperaturas suaves que favorecían el desarrollo de los botones florales, se daban otros periodos fríos que frenaban el desarrollo de las flores, ocasionando un descenso brusco de las concentraciones atmosféricas diarias de polen. Para dar cuenta de este fenómeno y eliminar una parte de esta fluctuación en los datos diarios de concentración polínica, se ha ensayado la utilización de valores acumulados de total de polen sobre tres observatorios de Madrid y alrededores y se sigue considerando el umbral 30 granos/m³ de polen de plátano como inicio de la estación.

Para tener en cuenta otros factores meteorológicos se utiliza un esquema de ayuda basado en los escenarios formados por el conjunto de variables meteorológicas de todos los años en que hay datos, buscando los años que presentan analogías. Finalmente, se ha procedido a la observación directa, día a día, del desarrollo de los botones florales en algunos árboles de Ciudad Universitaria, durante los días previos el inicio de la floración, con el fin de conocer aproximadamente cuantos días necesitan las inflorescencias masculinas para madurar y emitir el polen.

4. EVALUACION DE LOS MODELOS ESTADISTICOS

Teniendo en cuenta la serie larga de polen de Madrid-General Pardiñas y la serie de temperaturas de Madrid-Retiro bajo los criterios de agregación en clases expresados en el párrafo 2, el pronóstico de la clase de día (agrupaciones de 3 en 3 días) con error de +/- 1 clase, mediante la fórmula 1 obtiene los resultados que se expresan en la tabla 2. Juliano calor indica el día en que se sobrepasa el umbral de acumulación de calor. Juliano polen, el día en que se sobrepasa el umbral de 30 granos/m³ de concentración media diaria de polen de plátano.

AÑO	Juliano calor	Juliano polen	Aciertos	Falsas Alarmas	Retrasos	Dif días
1980	92	91	1	0	0	1
1981	82	86	1	0	0	-4
1982	81	82	1	0	0	-1
1983	72	75	1	0	0	-3
1984	100	101	1	0	0	-1
1985	97	90	0	0	1	7
1986	120	93	0	0	1	27
1987	67	79	0	1	0	-12
1988	81	81	1	0	0	0
1989	71	80	0	1	0	-9
1990	70	72	1	0	0	-2
1991	98	92	0	0	1	6
1992	78	79	1	0	0	-1
1993	86	81	0	0	1	5
1994	74	71	1	0	0	3
1995	81	77	1	0	0	4
1996	96	89	0	0	1	7
1997	63	64	1	0	0	-1
1998	66	67	1	0	0	-1
1999	80	80	1	0	0	0
2000	67	67	1	0	0	0
2001	81	75	0	0	1	6
2002	81	82	1	0	0	-1
2003	72	79	0	1	0	-7
2004	80	81	1	0	0	-1
2005	80	87	0	1	0	-7
2006	86	84	1	0	0	2
Prob de Deteccion			POD			0,63
Falsa Alarma			FAR			0,15
Predice tarde			LWR			0,22

Tabla 2 – Evaluación del pronóstico de clase (3 días) para día de inicio de la temporada del polinización del plátano en la zona central de la ciudad de Madrid (clases de 3 días). Se permite un error de +/- 1 clase. Series temporales entre 1980 y 2006.

Para obtener representatividad espacial sobre Madrid y sus poblaciones circundantes, se optó por realizar un promediado de los valores de grados día acumulados para los cinco observatorios meteorológicos y también realizar un promediado de datos de polen acumulados para los observatorios de Madrid-General Pardiñas, Madrid-Ciudad

Universitaria y Getafe. Los días en que se superan los umbrales de 50 grados día por un lado y de 30 granos/m³ acumulados se pueden ver en la Tabla 3. Si permitimos un error de +/- 2 días y utilizamos dicho valor de acumulación de temperatura como predictor, los resultados y la evaluación del pronóstico se encuentran también en dicha tabla. En esta tabla y en la anterior hay que tener en cuenta que el fenómeno SIEMPRE se produce, por lo que no tiene sentido utilizar algunos indicadores como el Índice Crítico de Acierto (CSI).

Día Juliano Umbral 50 grados promed	Día Juliano. Acumulacion pólen sobre umbral 30 granos/m3	Aciertos D+/-2	Falsa Alarma	Retraso	Año	Dif días
74	72	1	0	0	1994	-2
79	76	0	1	0	1995	-3
90	88	1	0	0	1996	-2
63	65	1	0	0	1997	2
65	67	1	0	0	1998	2
78	79	1	0	0	1999	1
66	65	1	0	0	2000	-1
81	75	0	1	0	2001	-6
82	82	1	0	0	2002	0
73	78	0	0	1	2003	5
80	80	1	0	0	2004	0
80	85	0	0	1	2005	5
85	84	1	0	0	2006	-2
83	75	0	0	1	2007	-8
TOTAL		9	2	2	13	
Prob de detección		POD				0,64
Falsa Alarma		FAR				0,14
Predice tarde		LWR				0,21

Tabla 3 – Evaluación del pronóstico de día de inicio de la estación polínica del plátano en Madrid ciudad y periferia a partir de los promedios de acumulación de calor se cinco observatorios de Madrid y periferia. Se permite error de +/- 2 días. Series temporales entre 1994 y 2007.

El resultado es similar al del otro método empleado, con una probabilidad de detección de la fecha de inicio relativamente elevada. Teniendo en cuenta que el valor climatológico del inicio de la estación sería el día 79 (20 de marzo), se observa que de los 9 aciertos, en siete de ellos la fecha prevista difiere en más de dos días de dicho valor, otorgando valor a dicha predicción sobre la mera climatología. De los 5 fallos, solo en un caso, el valor climatológico hubiera sido acertado.

5. EVALUACION DEL MODELO OPERACIONAL EN EL INICIO DE LA ESTACION POLINICA DE 2008.

Desde el 29 de febrero de 2008, se puso en marcha un procedimiento de seguimiento de la situación de acumulación de calor mediante los índices antes mencionados.

Las predicciones de temperatura se obtuvieron de la matriz de predicción objetiva en municipios, producto desarrollado en

AEMET a partir de la técnica EPS con las predicciones del modelo ECMWF.

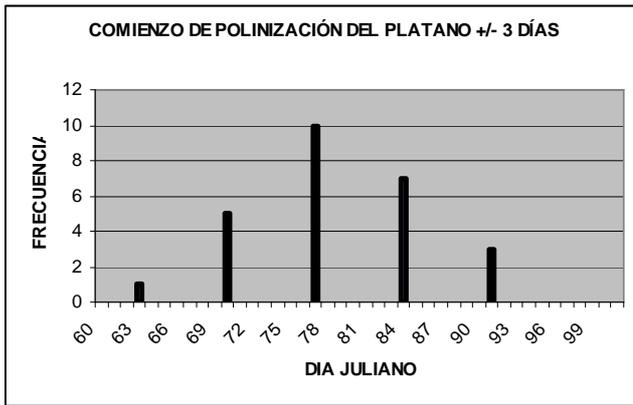


Figura 1. En el eje x los días julianos y en el eje y el número de años en que la polinización comenzó con +/- 3 días. Los datos se han obtenido de la serie de observación de Gral Pardiñas (Barrio de Salamanca) desde 1980 hasta 2007.

La predicción se ha realizado para tres emplazamientos: Madrid Retiro, Getafe y Torrejón de Ardoz aunque también se ha tenido en cuenta el valor medio de los tres lugares. Los predictores usados han sido las temperaturas extremas y la precipitación, si bien este último predictor sólo se ha usado de manera subjetiva ya que no hay ningún estudio determinante de este predictor en relación con la fecha de aparición del polen. En general podríamos decir que las precipitaciones tienen un efecto de lavado atmosférico inmediato, pero no parecen tener ningún efecto sobre la emisión polínica, una vez ha comenzado la polinización. Esto es, Se han observado comienzos de la polinización en periodos lluviosos.

Los datos de polen de plátano han estado disponibles (de una manera operativa) una vez a la semana y los valores de los predictores una vez al día (los realizados con la pasada operativa del modelo ECMWF a las 12 UTC hasta un D+7).

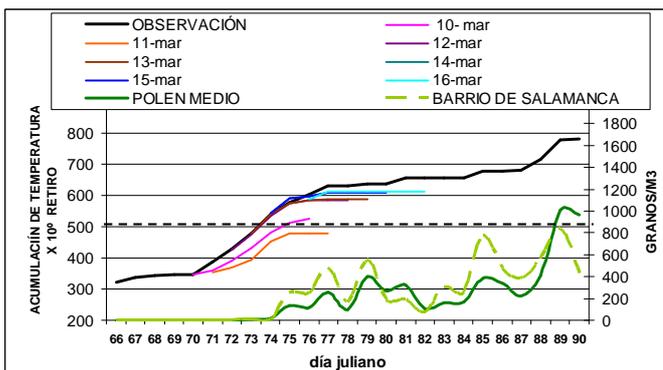


Figura 2. Representación de la evolución de los valores del índice de acumulación PAC en la estación del Retiro y de las predicciones EPS ECMWF (eje y izquierdo). En el eje y derecho se representa la concentración de polen de plátano en la red PALINOCAM. La línea discontinua representa el valor umbral. En el eje x se representan los días julianos desde el día 66 (6 de marzo) hasta el día 90 (30 de marzo). Fuentes AEMET e ISP

También se ha contado con un seguimiento diario del desarrollo de las inflorescencias en los árboles de la Ciudad Universitaria.

Las predicciones de temperatura han sido siempre inferiores a las temperaturas observadas aunque a partir del día 11 de marzo la previsión de superación del umbral se estabiliza para todos los emplazamientos.

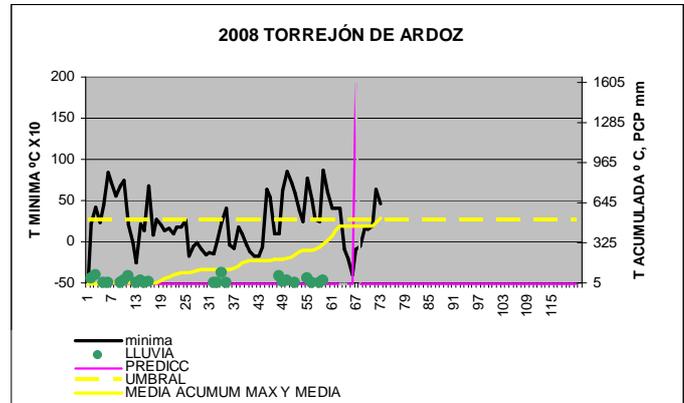


Figura 3. Predicción del día 6 de marzo para Torrejón de Ardoz. Los valores previstos son los que están a la derecha de la línea rosa. El valor del índice PAC superará el umbral el día 73 (13 de marzo).

En Torrejón de Ardoz empieza a haber valores de PAC > 0 desde mediados de enero. El miércoles 6 de marzo comienza a pronosticarse la primera alerta de PAC >50 (figura 3). Se prevé que se supere el valor umbral el día 13 de marzo. En este momento, en los árboles de Ciudad Universitaria, las yemas florales se encuentran en las primeras fases de su desarrollo (figura 4). La predicción se mantiene los días siguientes hasta el lunes día 10 que hay un adelanto para el día 11.



Fig 4. Estado de las yemas florales el 6 de marzo. Imagen obtenida Ciudad Universitaria.

En Getafe, el sábado 8 de marzo comienza a pronosticarse para el 13 de marzo la superación del umbral del PAC y la fecha se va adelantando en las siguientes predicciones al día 11. En Retiro, el lunes 10 de marzo se prevé por primera vez la superación del umbral el sábado día 15, aunque las posteriores predicciones lo sitúan siempre en el día 14 (Figura 2).

El martes día 11, el PAC calculado con la media de las temperaturas de los tres emplazamientos prevé que se supere el día 13. El valor umbral se superó el día 11 en Torrejón y Getafe y el día 14 en El Retiro.



Figura 5. Estado de gran parte de las yemas florales el 12 de marzo. Emergen las inflorescencias, que son esféricas, pedunculadas y cuando maduras miden de 0,8-1 cm de diámetro. Imagen obtenida en Ciudad Universitaria.

El viernes día 14 se observan 46 granos/m³ en Getafe y al día siguiente, 15 de marzo Getafe y el Barrio de Salamanca superan con creces el nivel diario de 30 granos de polen. La media de los registros de polen de toda la red PALINOCAM supera el umbral el sábado 15 de marzo (figura 7 y 8) por lo que considera dicho día como fecha de inicio de la estación en la ciudad de Madrid.



Figura 6. Estado de las yemas florales el 14 de marzo. Imagen obtenida en Ciudad Universitaria

El grado de desarrollo de las inflorescencias en los árboles de Ciudad Universitaria el día 14 de marzo (figura 6) indica que en esta zona faltan algunos días para el inicio de la polinización. El captador de la Ciudad Universitaria superó el umbral de 30 granos/m³ el 19 de marzo, cinco días después de que se superara el umbral del índice PAC en El Retiro (figura7).

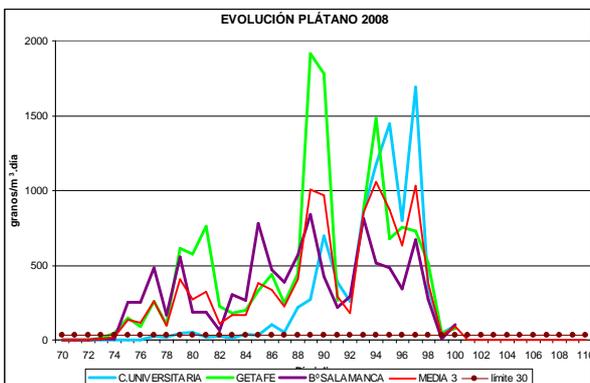


Figura 7. Concentraciones de polen de plátano registradas en los captadores de la red PALINOCAM en marzo de 2008.

Por lo tanto, podemos decir que el umbral de 50°C del PAC ha funcionado perfectamente en la estación del Retiro para detectar la aparición de polen de plátano en cualquier captador de la red PALINOCAM, siendo Getafe y el Barrio de Salamanca los que han coincidido exactamente con la fecha del 14 de marzo prevista. El día de aparición del polen, 14 de marzo, los valores de acumulación de temperatura en Getafe y Torrejón eran 68°C y 69°C respectivamente.



Figura 8. Estado de las inflorescencias el día 15 de marzo, en los árboles del paseo Reina Cristina (Madrid, Retiro). Inflorescencias masculinas verde-amarillentas a punto de emitir el polen e inflorescencias femeninas rojiza y de mayor tamaño.

La observación directa del desarrollo de las inflorescencias en los árboles de la Ciudad Universitaria, ha servido para predecir con mayor precisión el inicio de la polinización en esa zona. No obstante, como se ha comprobado, esta información no puede utilizarse para el conjunto de la red.

El principal problema que se plantea a la hora de hacer una predicción es si la emisión de aviso ha de producirse sólo una vez o, por el contrario, se hace un mensaje para cada nueva solución del modelo meteorológico. Si esta última opción fuese la que se decide como operativa, los mensajes de aparición del polen podrían haberse empezado a emitir el día 6 de marzo con fecha de inicio el día 13 que hubiera verificado perfectamente con un nivel de error de +/- 3 días como se pretende.

6. CONCLUSIONES

El pronóstico del inicio de la temporada de plátano en Madrid supone beneficios potenciales para la salud pública.

Existen diferentes factores meteorológicos que tienen influencia en la determinación del inicio de la estación polínica, pero el que tiene relación estadística más clara, es la acumulación de calor en los días previos, hasta rebasar un cierto valor umbral acumulado desde el inicio del año.

Es posible anticipar a fecha 28 de febrero si la temporada de polinización será temprana.

El modelo final, cuenta principalmente con los valores de calor acumulado observado y previsto pero también tiene en

cuenta otros factores meteorológicos introducidos mediante esquemas auxiliares tales como la observación del desarrollo de los botones florales y la consulta a situaciones de años anteriores, así como otras variables meteorológicas que se incorporan a la toma de decisión final. También es importante considerar la observación fenológica del plátano

El modelo que relaciona la acumulación de calor y el inicio de la temporada de polinización parece funcionar, sin embargo, se requieren observaciones meteorológicas próximas a cada captador de polen que sean representativas de las condiciones locales.

El método debe de desarrollarse para cada estación. El inicio de la temporada de polinización puede tener fechas diferentes en lugares aparentemente próximos de la Comunidad de Madrid. Es preciso verificar que el umbral del PAC es similar para otros observatorios cercanos y zonas geográficas.

7. REFERENCIAS

Alcázar, P., Cariñanos, P., De Castro, C., Guerra, F., Moreno, C., Domínguez-Vilches, E. & Galán, C.-2004- *Airborne plane-tree (Platanus hispanica) pollen distribution in the city of Córdoba, South-western Spain, and possible implications on pollen allergy. J Invest Allergol Clin Immunol* 14(3): 238-243.

Jato, V., Rodríguez-Rajo, F. J., Alcazar, P., de Nuntiis, P., Galan, C. & Mandrioli, P.-2006-*May the definition of pollen season influence aerobiological results?. Aerobiologia* 22 (1): 13-25.

Varela, S., Subiza, J., Subiza, J. L., Rodríguez, R., García, B., Jerez, M., Jiménez, J. A. & Panzani, R.-1997-*Platanus pollen as an important cause of pollinosis. J. Allergy Clin. Immunol.* 6: 748-754.

Weryszko-Chmielewska, E., Puc, M. & Piotrowska, K.-2006- *Effect of Meteorological Factors on Betula, Fraxinus and Quercus Pollen Concentrations in the Atmosphere of Lublin and Szczecin, Poland. Ann Agric Environ Med* 13: 243-249.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo y al interés demostrado en el tema por la Subdirección General de Climatología y Aplicaciones y la Delegación Territorial en Madrid de la AEMET por un lado y el Instituto de Salud Pública de la Dirección General de Salud Pública de la CAM por otro.