

## AJUSTE DEL MÉTODO DE PREDICCIÓN DEL INICIO DE LA ESTACION POLINICA DEL PLATANO DE SOMBRA EN MADRID Y CORDOBA.

José Luis CAMACHO RUIZ<sup>1</sup>, Inmaculada CADENAS CORTINA<sup>1</sup>, Darío CANO  
ESPADAS<sup>1</sup>, Patricia CERVIGÓN MORALES<sup>2</sup>, Adela M. GUTIERREZ BUSTILLO<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> *Agencia Estatal de Meteorología, Madrid, España,*  
<sup>2</sup> *Red PALINOCAM.*

camacho@inm.es, acj@inm.es, dario@inm.es, patricia.cervigon@salud.madrid.org,  
amgutiérrezbustillo@farm.ucm.es

### RESUMEN

El objetivo de este estudio es mostrar el diseño y la evaluación de un sistema de predicción de eventos de polen que causan efectos en la salud pública. La sensibilización al polen alérgico ha aumentado en las últimas décadas. Las autoridades sanitarias prestan cada vez mayor atención a este problema. Este estudio utiliza información palinológica y meteorológica en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, en donde se ha diseñado un sistema de predicción del inicio de la temporada de polinización del plátano como fruto de la colaboración entre AEMET y la Conserjería de Sanidad de dicha Comunidad. La acumulación de calor en las semanas previas parece ser el elemento fundamental para determinar el inicio de la polinización según los estudios realizados. En éste trabajo, se define un índice de acumulación de calor y se calculan los umbrales para los observatorios de la Comunidad de Madrid. Como paso previo a la extensión a Andalucía se ha ensayado este método para la ciudad de Córdoba.

**Palabras Clave:** Polen alérgico. Plátano de sombra, predicción Madrid, Córdoba

### 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 taking preventive measurement that reduce hospitalization cases and an improvement in life conditions for patients. AEMET and partnership institutions are developing models that would allow early warning to Health Authorities., Plane tree pollen is one of the main causes of pollen relate allergies in Iberian Peninsula. In Madrid autonomous region, PALINOCAM Network operates 11 pollen catchments stations and issues pollen forecasts daily. 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 and some testing on the stability of that threshold in the Madrid area and in Córdoba has been also done.

**Keywords:** Allergenic pollen, plane tree, forecast, Madrid, Córdoba

## 1. INTRODUCCIÓN

El polen tiene una 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 dando episodios de asma en los casos más graves. Se calcula que un 5% de la población en Europa, está afectada por asma, y según estudios realizados en Australia, en regiones similares a las mediterráneas, 4.1 millones de australianos (el 19.6% de la población) sufren al menos un tipo de alergia. La prevalencia más alta se produce en la población trabajadora, con un 78% y un rango de edad entre 15 y 64 años (ASCIA, 2007)

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 la región de Madrid. En la esta Comunidad Autónoma la Red PALINOCAM lleva a cabo un control rutinario de polen, mediante 11 estaciones de muestreo, públicas y privadas, coordinadas desde el Instituto de Salud Pública de la Conserjería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. Mediante la serie de datos diarios de polen suministrada por dicha 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.

Para realizar la extensión y validación de éste modelo, se ha establecido un inicio de colaboración con la universidad de Córdoba (UCO) y con la Red Española de Aerobiología (REA) a fin de extender este estudio progresivamente a Andalucía y otras Comunidades Autónomas del Estado. En éste trabajo se presentan los resultados para la ciudad de Córdoba con los datos totales diarios de polen de plátano de la UCO y los datos meteorológicos del Aeropuerto de Córdoba de AEMET.

## 2. PLATANO. ESTUDIO DE LA EVOLUCION DE SUS VALORES DIARIOS. INICIO EN MADRID-CIUDAD DE SU ESTACION POLINICA

Según Subiza et al. (1998), en la ciudad de Madrid, 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 de 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 m<sup>3</sup> en menos de una semana. Realizar 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/m<sup>3</sup> como estadísticamente estable 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 Madrid, calle General Pardiñas) que contaba con la serie más larga de recuentos polínicos (1980-2006). Según nuestros estudios que correlacionan la fecha de polinización con variables meteorológicas convencionales, parece que el inicio de dicha fecha 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/m<sup>3</sup> 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 (Clasediagrđ) tal como esta:

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

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.

### 3. MODELO DE PRONOSTICO Y EVALUACION DE LOS MODELOS

La herramienta de pronóstico está compuesta de dos elementos. Un modelo estadístico basado en predicciones deterministas y en las observaciones de las estaciones de la región de Madrid y una serie de tablas y figuras auxiliares basadas en lo acontecido en las series de la red PalinoCAM. 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. Las principales estaciones meteorológicas consideradas son Barajas, Retiro, Cuatro Vientos, Getafe y Torrejón de Ardoz.

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 1 en la primera fila.

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. 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.:

ESTACION POLÍNICA	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	Aciertos	Falsas alarmas	Retrasos
GRAL PARDIÑAS (1980 -2006)	RETIRO	17	4	6
TODAS LAS DE MADRID (1994 -2006)	PROMEDIO 5 OBSERVATORIOS	9	2	3

Índices estadísticos	GRAL PARDIÑAS	PROMEDIO 5 OBSERVATORIOS
Prob. de Detección	<b>0,63</b>	<b>0,64</b>
Falsa alarma	<b>0.15</b>	<b>0.14</b>
Predice tarde	<b>0,22</b>	<b>0,21</b>

Tabla 1: EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO PARA EL INICIO DE LA TEMPORADA DE POLINIZACIÓN DEL PLÁTANO EN MADRID. SERIE GENERAL PARDIÑAS AGRUPADA EN CLASES DE 3 DIAS Y PERMITIENDO UN ERROR DE 1 CLASE. SERIE CONJUNTA DE MADRID AGRUPADA EN DIAS INDIVIDUALES Y PERMITIENDO UN ERROR DE 2 DIAS.

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).

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 DEL MODELO OPERACIONAL EN EL INICIO DE LA ESTACION POLINICA DE 2008 PARA LA CIUDAD DE MADRID

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.

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).

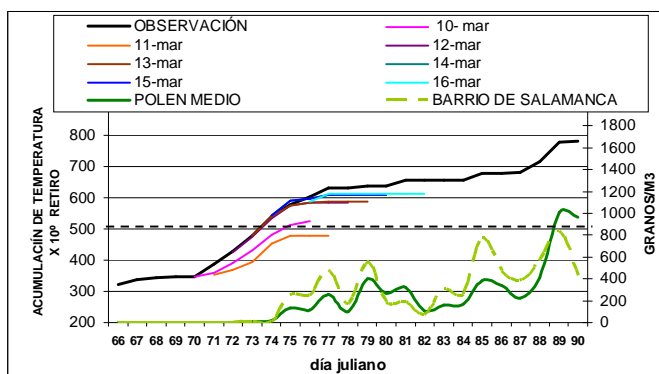


Figura 1. Representación de la evolución de los valores del índice de acumulación PAC en la estación del Retiro y de las predicciones EPS ECMWF (eje y izquierdo). En el eje Y derecho se representa la concentración de polen de plátano en la red PALINOCAM. La línea discontinua representa el valor umbral. 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.

El viernes día 14 se observan 46 granos/m<sup>3</sup> 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 4) por lo que considera dicho día como fecha de inicio de la estación en la ciudad de Madrid.

La situación meteorológica estuvo caracterizada por unos días soleados y cálidos que se interrumpieron bruscamente el día 17 por una situación lluviosa y fría. Los pronósticos del ECMFW sufrieron muchos cambios según se iba aproximando el cambio de tiempo. En Getafe, el sábado 8 de marzo se pronostica para el 13 de marzo la superación del umbral del PAC y la fecha se va adelantando primero, y retrasando después. 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 1).



Figura 2. Estado de las yemas florales el 6 de marzo. Imagen obtenida Ciudad Universitaria.



Figura 3. 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.



Figura 4. 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.

El estado de las flores durante estos días se puede seguir en la secuencia de figuras 2 a 4 en la que se puede ver el inicio de la floración hasta la fase final de flores femeninas y masculinas en la ciudad de Madrid.

El grado de desarrollo de las inflorescencias en los árboles de Ciudad Universitaria el día 14 de marzo indicaba que en esta zona faltaban algunos días para el inicio de la polinización. El captador de la Ciudad Universitaria superó el umbral de 30 granos/m<sup>3</sup> el 19 de marzo, cinco días después de que se superara el umbral del índice PAC en El Retiro (figura5).

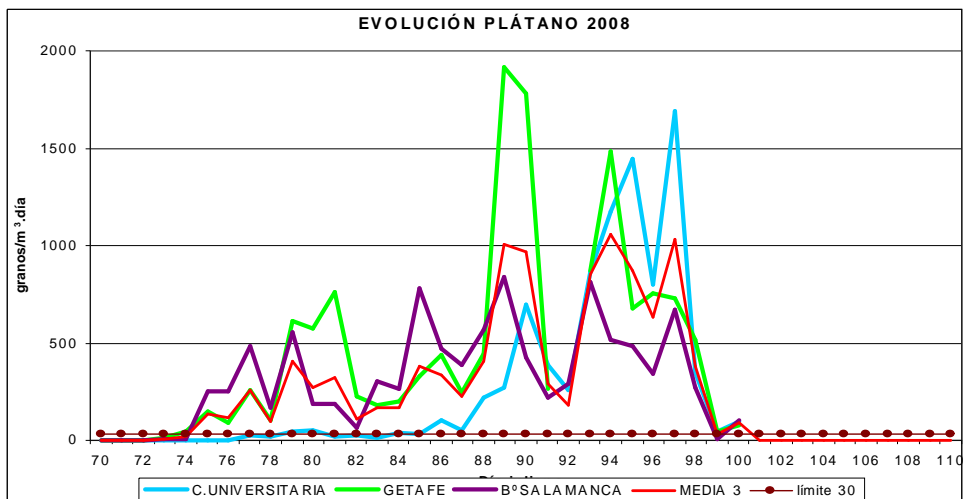


Figura 5. Concentraciones de polen de plátano registradas en los captadores de la red PALINOCAM en marzo de 2008.

Por lo tanto, podemos decir que el umbral de 50 grados 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 los valores de acumulación de temperatura en Getafe y Torrejón eran 68°C y 69°C respectivamente.

## 5. ESTABILIDAD DEL UMBRAL DEL PAC. CASOS DE GETAFE, ALCALÁ DE HENARES Y CORDOBA.

Con el el objetivo de evaluar en lugares puntuales la estabilidad de éste método se eligieron las ciudades de Alcalá de Henares y Getafe en la Comunidad Autónoma de Madrid . Cordoba en la Comunidad Autónoma de Andalucía Se utilizó siempre el umbral de 30 granos/m<sup>3</sup>, como umbral para considerar el inicio de la estación polínica.

Usando un PAC de 50° para Getafe y Alcalá de Henares (serie 1994 a 2007) y de 137° para Córdoba (serie 1993 a 2007) y permitiendo un error de +/- 2 días se obtienen los resultados de predicción expresados en la tabla 2

ESTACION POLÍNICA	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	Aciertos	Falsas alarmas	Retrasos
GETAFE (1994 -2007)	GETAFE	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
ALCALÁ (1994-2007)	BARAJAS	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
CÓRDOBA (1993-2007)	AEROPUERTO	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

Índices estadísticos	GETAFE	ALCALÁ	CÓRDOBA
Prob. de Detección	<b>0,71</b>	<b>0,50</b>	<b>0,73</b>
Falsa alarma	<b>0.29</b>	<b>0.29</b>	<b>0.20</b>
Predice tarde	<b>0,00</b>	<b>0,21</b>	<b>0,07</b>

Tabla 2: EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO DE DÍA DE INICIO DE LA ESTACIÓN POLINICA DEL PLÁTANO EN GETAFE, CÓRDOBA Y ALCALA DE HENARES A PARTIR DE LOS PROMEDIOS DE ACUMULACIÓN DE CALOR

Los resultado obtenidos al usar únicamente el observatorio de Getafe mejoraron mucho, aunque aumentaron las falsas alarmas, no se produjo ningún retraso. En principio para Alcalá de Henares se utilizaron los datos de la estación meteorológica situada en la misma ciudad, sin embargo y con el objetivo de usar el valor del PAC como una herramienta de predicción se usó el observatorio de Madrid-Barajas ya que se dispone de temperaturas extremas previstas para dicho observatorio.

Se observa que la probabilidad de detección se reduce al utilizar un observatorio relativamente lejano si mantenemos el valor del PAC en 50 grados. Este funciona bien para puntos de la Comunidad de Madrid en los que captador de polen y observatorio meteorológico están relativamente próximos.

El clima de la ciudad de Córdoba presenta algunas diferencias respecto al de Madrid por lo que verificar éste modelo de predicción permite obtener una buena idea de la estabilidad del método y su posible extensión a otras zonas del Estado.

Utilizando la serie meteorológica de Córdoba-aeropuerto y la serie polínica de Córdoba-Ciudad para los años 1993 a 2007, se observó que el valor del PAC adecuado para ésta ciudad sería de 137 grados según se deduce del promedio de acumulación de dicho índice observados en cada uno de los días de inicio de la temporada de polen definido con el citado umbral de 30 granos/m<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos para la ciudad de Córdoba, permiten dar validez estadística al PAC como herramienta de pronóstico de inicio de la temporada del plátano. Asimismo confirman la idea de que es necesario un estudio del valor de umbral adecuado para cada estación.



## 6. CONCLUSIONES

El pronóstico del inicio de la temporada de plátano en las zonas urbanas 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.

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.

La validez del PAC como herramienta de pronóstico, y la necesidad de calcular distintos umbrales se ha comprobado para la ciudad de Córdoba y para otros observatorios de la Comunidad de Madrid..

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, por lo que es preciso verificar que el umbral del PAC es similar para otros observatorios cercanos.

## 7. 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. También queremos expresar nuestro agradecimiento a la Dra Carmen Galán y a la UCO por los datos de Córdoba y por su orientación sobre los aspectos biológicos de los pólenes.

## 8. 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., RODRIGUEZ-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.