

El polen de plátano y de gramíneas como indicadores de la variabilidad climática en escalas de tiempo pequeñas

Jose Luis Camacho Ruiz ⁽¹⁾
⁽¹⁾ AEMET. camacho@inm.es

1. Introducción.

En la actualidad existe una amplia evidencia del cambio en el clima originado por causas antropogénicas y naturales (IPCC, 2007). Los cambios en el clima se ponen de manifiesto de manera muy clara en los casquetes de hielo, tanto en Groenlandia, en los glaciares de las montañas o en la evolución de la cobertura de hielo en el Océano Glacial Ártico. La manifestación más clara de estos cambios en la atmósfera es la tendencia general de incremento de las temperaturas al nivel de la garita meteorológica.

Sin embargo, los cambios en el clima y la variabilidad climática se pueden expresar a través de otros cambios en nuestro medio ambiente que son más complejos pero no por ello son difíciles de percibir por que afectan a temas de salud. Estos cambios afectan al ciclo biológico estacional de las plantas y animales, modulando los complejos lazos entre ellos y forzando a la realización de cambios en sus comportamientos para adaptarse a una realidad cambiante.

Estos cambios afectan al hombre de manera indirecta a través de los cambios en los ecosistemas o directamente por la modificación en las estaciones de floración de plantas de uso industrial o de alimentación o en las plantas que producen polen con características alergénicas. También inducen cambios en la producción. Esta es una de las causas por la que la variabilidad o el cambio climático llevan asociados impactos económicos y sociales en las actividades humanas

Ejemplos de estos cambios de carácter biológico se encuentran en diversas publicaciones. También se informa de que estos cambios se han acelerado en los últimos 25 años (Peñuelas et al. 2002) mostrando como el avance en la temporada de floración se ha producido en diferentes tipos de árboles en el citado periodo. El estudio de García-Mozo et al, 2006 sobre diversas especies de árboles del género *Quercus* (encinas, robles...) han avanzado el inicio de su temporada de floración en las dos últimas décadas sobre todo en las estaciones del interior de la Península Ibérica. De acuerdo con este estudio sobre los árboles del género *Quercus*, el de Weryszko-Chmielewska y Piotrowska., 2006 sobre abetos,

olmos y robles y el de Camacho et al, 2008 sobre plátanos de sombra, el factor principal para determinar el inicio de la temporada de floración en los árboles es la acumulación previa de calor, por lo que modelizando esta acumulación dentro de ciertos límites es posible evaluar como puede cambiar esta fecha en el futuro. En el caso de las plantas herbáceas el tema es más complejo ya que en el caso de las gramíneas existen varias especies que polinizan a la vez o de manera decalada, siendo imposible contabilizar el polen de una sola especie y no existiendo un factor meteorológico claro único para modelizar los parámetros que configuran su polinización.

2. Objetivos, datos utilizados y métodos.

El objetivo de este trabajo es mostrar como los indicadores biológicos tales como el inicio de la temporada de polinización de los árboles o los totales de polen de las gramíneas pueden servir como indicadores de la variabilidad climática y por extensión como indicadores del cambio climático.

Se dispone de los recuentos efectuados en el Barrio de Salamanca de Madrid cedidos por la Clínica de Asma y Alergia del Dr. Subiza. Se dispone de los datos diarios de concentración de polen de plátano de sombra y de gramíneas, entre 1980 y 2006. Los datos meteorológicos de que se dispone son los del observatorio de AEMET situado en el Parque del Retiro, representando las condiciones meteorológicas del centro de la ciudad, abarcando el mismo periodo de tiempo. Las variables meteorológicas consideradas fueron temperaturas extremas diarias y mensuales, temperaturas medias y totales de precipitación mensuales.

Se utilizan métodos estadísticos desde los simples modelos de correlación lineal, pasando por los modelos lineales multivariantes hasta el análisis de grupos (clusters).

En el estudio de la evolución del polen de plátano se desecha la utilización de los totales de polen anuales por que estos dependen del número de árboles presentes, de las podas y del momento en que se lleven a cabo. Esto es visible en la serie de Madrid debido a las plantaciones masivas en los años 90.

3. Evolución y tendencias de la fecha de inicio de la temporada de polen de plátano en Madrid.

De acuerdo con lo expresado en AEMET (2009) en particular, en su capítulo 5, se considera que comienza la temporada de polinización del plátano el primer día en que se sobrepasan los 30 granos/m³ por que produce impacto generalizado en las personas sensibles a este tipo de polen y es un umbral estadísticamente sólido de acuerdo a los datos que se disponen. Si representamos la evolución de la fecha en que se inicia la temporada a lo largo de los años 1980 a 2006 (figura 1) y ensayamos si existe tendencia significativa no logramos obtenerla. Si partimos la serie en dos tramos utilizando 1997 como fecha límite, obtenemos que entre 1980 y 1997 existe una tendencia lineal en relación con el tiempo que es estadísticamente significativa al nivel del 95% de confianza si bien el modelo solo explica el 23% de la varianza de la variable Dia Juliano. El avance en el día de inicio de la estación es de 0.83 días por año. En cambio, entre 1997 y 2006, la relación estadística lineal entre el día de inicio de la estación y el tiempo es más fuerte, explicando el 67% de la varianza estadísticamente significativa al 95% de nivel de confianza. En este caso, el inicio de la estación se retrasa 2,2 días por año.

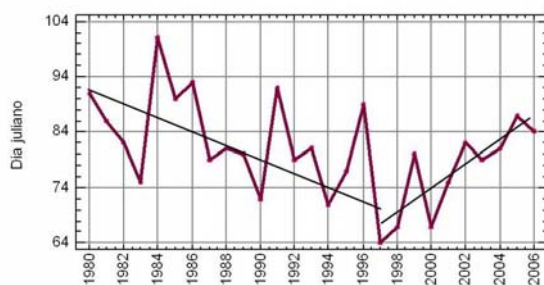


Fig. 1. Fecha de inicio de la temporada de polinización del plátano de sombra en días julianos. Barrio de Salamanca – Madrid entre 1980 y 2006. Se superpone tendencia lineal en tramos 1980-1997 y 1997-2006

Este es un buen ejemplo de como series relativamente cortas pueden ilustrar la variabilidad climática en periodos de tiempo cortos (décadas) pero no la tendencia general del cambio climático. La presencia de los años 1997, 1998 y 2000 inviernos cálidos propiciaron floraciones muy tempranas del plátano. Sin embargo, el enfriamiento a partir de 2001 modifica la tendencia general desde 1980. Este hecho es más importante por que al trabajar con series no meteorológicas, es difícil conseguir periodos continuos de medición suficientemente largos. La serie de cantidades de polen del Barrio de Salamanca es de las más largas de España. Sin embargo, para evaluar la tendencia

en estos indicadores biometeorológicos hay que recurrir a otras series como por ejemplo las de Pere Comas en Cardedeu, con registros fenológicos desde 1952 en el citado trabajo de Peñuelas.

En el desarrollo del método de predicción de la temporada de polinización del plátano tal y como se describe en AEMET (2009), se establece una relación sólida entre un índice Promedio de Acumulación de Calor (PAC) y dicho inicio. El PAC se define como el valor promedio entre los grados días acumulados por las temperaturas máximas sobre un umbral de 15 grados y los grados días acumulados por las temperaturas medias sobre un valor de 10 grados, contabilizándose la acumulación de calor en ambos casos desde el 1 de enero.

El umbral del PAC que ajusta estadísticamente con el inicio de la temporada de polinización corresponde a 50° Celsius en Madrid. En la figura 2 representamos el valor del día en que se traspasa ese umbral en Madrid conjuntamente con el día en que se supera el umbral de 30 granos de polen/m³, se observa que un pronóstico mediante modelos del PAC puede darnos una buena idea de la evolución futura del inicio de la temporada de polen y viceversa. Si disponemos de fechas de inicio de la polinización podremos categorizar las temperaturas del invierno

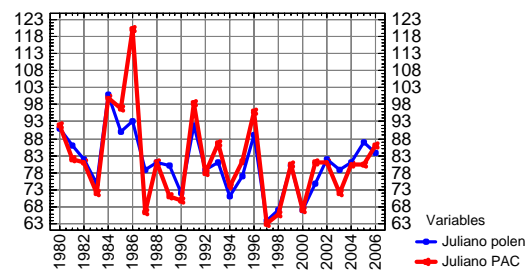


Fig. 2, Gráfico comparativo entre el día juliano de superación del umbral de polen de plátano y el día juliano de superación del umbral del PAC (Promedio de Acumulación de Calor). Serie polen Barrio de Salamanca. Serie temperaturas: Madrid-Retiro. 1980-2006

Sin embargo el método tiene sus limitaciones ya que un calentamiento (o enfriamiento) excesivo sacaría a la planta de los límites en los que puede vivir correctamente. Por tanto, las extrapolaciones sobre avances en la fecha de floración de las plantas debido al efecto del cambio climático deben de tener en cuenta estos límites.

4. Polen de gramíneas. Variabilidad estacional.

El polen de las gramíneas recogido en zonas urbanas proviene de los jardines y parques, de las zonas semiurbanas o rurales próximas pero también de cualquier pequeño pedazo de tierra capaz de hacer crecer unas pocas hierbas. Por ello, para medir el polen no se tiene en cuenta una especie única y la evolución estacional de los recuentos presenta varios picos.

No obstante, en la zona centro de la Península, la estación principal de polinización de las gramíneas con diferencia abarca un periodo entre mayo y junio tal y como se puede ver en la figura. 3

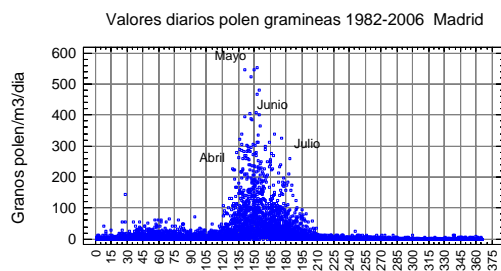


Figura 3. Valores diarios de contenido de polen de gramíneas medidos en el Barrio de Salamanca de Madrid entre 1980 y 2006. Unidades: granos/m³/día. Fuente: Clínica de Asma y Alergias del Dr. Subiza.

Teniendo en cuenta que un umbral de 50 granos/m³ de polen puede considerarse como un valor en el que se aprecian síntomas de manera generalizada en la población sensible, es fácil constatar que hay un periodo de 2-3 meses en los que existe un alto riesgo de estar expuesto a estos agentes alérgicos en Madrid en la segunda mitad de la primavera y principios del verano.

Considerando el porcentaje mensual promedio de granos de polen sobre el total anual, abril se lleva el 3,0%, mayo el 39,6%, junio el 39,1% y julio el 8,4%. El uso de porcentajes en vez de valores promedios nos permite evaluar mejor la evolución temporal del riesgo de exposición ya que a partir de cierto umbral, a un paciente alérgico va a tener síntomas similares si son 50 o si son 500 granos por que se produce un efecto de saturación.

Avanzando más en el estudio, examinamos año por año como se distribuyen estos porcentajes mensuales observando que hay años en los que el pico de la polinización se produce en mayo y otros en cambio se producen en junio con importantes diferencias entre ambos. Para caracterizar y agrupar estas diferencias, tomamos cuatro variables: %mayo sobre el total anual, %junio, %resto del año y cociente totales polen mayo y junio. Aplicamos un análisis de

grupos (clusters) utilizando el procedimiento del elemento más lejano y distancia métrica Euclidiana al cuadrado. Aparece una clasificación adecuada en tres grupos cuyos centroides están en las coordenadas de la tabla 1.

Grupo	Nº miembro	% May	% June	Tot May/Tot June	% Resto año
1	8	0,19	0,55	0,36	0,27
2	17	0,46	0,34	1,48	0,20
3	2	0,57	0,08	7,16	0,35

Tabla 1. Resultados de la clasificación por grupos de los porcentajes de cantidad mensual de polen en mayo y junio respecto al total del año. Otras variables son el cociente entre el valor total mensual en mayo respecto al valor total mensual en junio y el porcentaje de total de polen en los otros meses sobre el total anual. Madrid. Periodo 1980-2006

El grupo 2 que es el más numeroso refleja la evolución normal con cantidades de polen repartidas sobre todo en mayo y junio pero con valores ligeramente superiores en mayo. El grupo 1 sin embargo muestra un escenario de retraso en la polinización con valores totales claramente superiores en junio. El grupo 3, con pocos casos, muestra el escenario opuesto: un final abrupto de la temporada de polinización durante junio con proporción 7 a 1 de valores entre mayo y junio. Como muestra el elevado porcentaje del resto del año, el total anual sería poco elevado ya que fuera de mayo y junio los totales son pequeños. Estos hechos se reflejan en el diagrama de dispersión (figura 4) del cociente de totales frente al porcentaje de mayo en el que se aprecia como la agrupación es bastante buena.

Dispersión grupos. Polen gramíneas Madrid 1982-2006

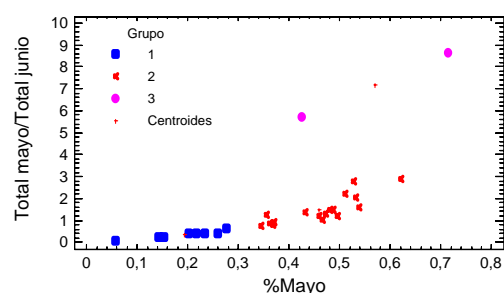


Figura 4. Diagrama de dispersión del cociente de totales mayo/junio frente a porcentaje total mensual mayo respecto a total anual. Análisis de grupos. Madrid. Periodo 1980-2006.

5. Elementos para predicción de la variabilidad estacional. Aplicaciones a salud.

El siguiente paso es traducir esta agrupación de la distribución de las cantidades de polen en los meses pico a distribución de los valores mensuales de las variables meteorológicas susceptibles de ser monitorizadas o predichas.

Ordenando los valores de cada año según el % de junio (tabla 2) observamos que suben a lo más alto de la escala los años del grupo 2 como era de esperar y que la agrupación realizada no tiene relación con la cantidad anual de polen, NO siendo por tanto válida para los modelos de dichos totales. Sin embargo, si nos vale para caracterizar si la temporada de sufrimiento de los pacientes de alergia a gramíneas va a ser más larga o más corta o si va a estar desplazada hacia mayo o hacia junio.

Año	Total año	% mayo	%J junio	mayo/junio	Grupo
1998	2549	0,15	0,64	0,24	2
1981	4039	0,26	0,64	0,41	2
1984	6596	0,06	0,60	0,09	2
1983	3131	0,22	0,55	0,39	2
2004	1217	0,23	0,53	0,44	2
1980	4134	0,14	0,52	0,27	2
1993	2108	0,20	0,51	0,40	2
1996	3478	0,34	0,47	0,73	1
1985	7257	0,37	0,46	0,79	1
2000	3391	0,47	0,44	1,06	1
1994	3386	0,28	0,42	0,65	2
1989	4782	0,36	0,42	0,86	1
2001	4606	0,50	0,42	1,19	1
1997	2495	0,37	0,41	0,91	1
1991	1735	0,46	0,38	1,20	1
1999	2441	0,47	0,36	1,31	1
1990	4370	0,54	0,34	1,60	1
1982	3146	0,49	0,33	1,47	1
1987	4626	0,48	0,33	1,46	1
1988	7318	0,43	0,31	1,39	1
1995	1874	0,35	0,28	1,28	1
1986	3947	0,53	0,26	2,05	1
2002	3822	0,51	0,23	2,21	1
2003	3759	0,62	0,21	2,92	1
2005	1874	0,53	0,19	2,76	1
2006	5158	0,71	0,08	8,62	3
1992	2178	0,42	0,07	5,70	3

Tabla 2. Clasificación por grupos ordenada según el porcentaje de total de polen en junio respecto al total anual.

Seleccionando un conjunto de variables meteorológicas pertenecientes a la serie de Madrid-Retiro: total mensual de precipitación de abril, mayo y junio, promedio de temperaturas máximas y medias de mayo y junio y agrupándolas según el

criterio anterior, se obtienen los promedios para cada grupo tal y como se expresan en la tabla 3

Grupo	Abr R	May R	Jun R	May max	May med	Jun max	Jun med
1	49,3	77,7	27,1	19,7	14,7	28,1	21,9
2	42,1	39,9	15,7	22,7	17,2	28,5	22,4
3	38,7	31,9	43,7	24,9	19,1	26,0	20,4

Tabla 3. Promedio de valores de las variables meteorológicas para cada grupo. Total mensual de precipitación de abril y mayo, promedio de temperaturas máximas y medias de mayo y junio. Serie Madrid Retiro. 1982-2006

La extensión de la temporada de polinización abundante a lo largo de mayo y junio conlleva precipitaciones moderadas o ligeramente inferiores a lo normal en mayo y temperaturas similares a la media del periodo de referencia climatológico 1971-2002. Estas condiciones corresponden al grupo 2 y cuenta con el mayor número de años. El escenario representado por el grupo 1 conlleva un mayo lluvioso incluso para el hecho de que mayo presenta un máximo secundario en la precipitación en Madrid, y temperaturas fresca, del orden de 2 grados inferiores a los valores normales. En estas condiciones el auge de la polinización se retrasa, lo que unido a los lavados de la atmósfera por las precipitaciones conlleva probablemente un retraso en la aparición generalizada de casos de alergia hacia el mes de junio...Finalmente, el escenario 3 muestra un mayo muy seco y con temperaturas elevadas (2 o 3 grados por encima de los promedios), lo que probablemente llevaría a un "agostamiento" de las plantas herbáceas y a la reducción importante de la producción de polen en junio. La temporada de polinización en este caso, sería corta.

Esta discusión pone de manifiesto la importancia de las precipitaciones y temperaturas del mes de mayo. Una predicción acertada o una estimación de su desvío de los valores normales permitiría aplicarla a la toma de decisiones en el ámbito de la planificación sanitaria.

Buscando un índice climático que refleje de alguna manera las condiciones de dichas variables y que se calculen de manera rutinaria se calculó el valor promedio del índice NAO (definición de la NOAA y tomado de los archivos del Climate Prediction Centre) para cada uno de los grupos con los resultados mostrados en la tabla 4. Se observa como los índices de mayo y junio de los grupos 1 y 3 son opuestos, mostrando que un índice positivo lleva a calores anticipados en el mes de mayo y temporadas cortas de polinización. En cambio valores negativos del índice en mayo parecen asociados al escenario

de lluvias por encima de lo normal y temperaturas frescas en el mes de mayo.

Grupo	NAO Feb	NAO Mar	NAO Apr	NAO May	NAO Jun
1	0.23	0.36	0.38	-0.41	-0.37
2	0.65	0.45	0.05	-0.02	-0.17
3	0.28	-0.21	1.55	0.74	0.52

Tabla 4. Promedio de valores del índice NAO para cada uno de los grupos de la clasificación.

Como algunos centros de pronóstico internacionales dentro de sus productos de predicción estacional, muestran el pronóstico del NAO, se abren posibilidades operacionales para tener una idea por adelantado del carácter de la temporada de polen de gramíneas por lo menos en aquellos casos en los que pueda existir cierta predecibilidad de la NAO en la primavera del hemisferio norte.

Para corroborar esta afirmación, se realiza un ajuste lineal directo entre la variable cociente de totales de polen mayo/junio y el índice NAO de mayo. Considerando el año 2006 como fuera de serie, se obtiene un ajuste estadísticamente significativo al nivel de confianza 95% con un p-valor de 0,0304. El índice NAO de mayo explica un 18,1% de la variabilidad en el cociente de totales de polen mayo/junio. El coeficiente de correlación es igual a 0,43.

6. Pronóstico de la variabilidad de totales mensuales de polen a partir de variables meteorológicas. Modelos lineales.

Tal y como se mostró en el apartado 4, las cantidades mensuales de polen y la relación entre totales mayo/junio tienen una alta variabilidad interanual. Se ha realizado una exploración de las relaciones estadísticas lineales entre diversas variables meteorológicas y las cantidades mensuales de polen en mayo, junio y julio y las totales anuales. Las variables meteorológicas han sido las siguientes: OJR (Acumulación de precipitación entre octubre y enero), FR (Precipitación febrero), MR (Precipitación marzo), FebMarR (Precipitación acumulada entre febrero y marzo), AbrR (Precipitación de abril), AprMayR (Precipitación acumulada entre abril y mayo), MayR (Precipitación de mayo), Invmax, Invmed e Invmin (Promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas en un periodo que comprende desde enero a marzo y asociado al invierno) Maymax, Maymed y Maymin como promedio de máximas, medias y mínimas de mayo, Junmax, Junmed y Junmin como promedio de máximas, medias y mínimas de junio

Se ha utilizado un procedimiento paso a paso hacia atrás para descartar variables que no tuvieran suficiente relación estadística. El objetivo principal es mostrar aquellas variables que tienen una influencia mayor en la producción de polen y por tanto aquellas que habrá que tener más en cuenta en futuros sistemas de predicción de la intensidad y duración de las temporadas de polen de gramíneas en la Comunidad de Madrid.

Estudios tempranos en los años 90 (Subiza et al, 1992) mostraron la relación estadística entre los totales anuales de polen de gramíneas y la precipitación acumulada entre octubre y enero. Esta precipitación proporciona la humedad necesaria en el terreno en invierno para que las semillas puedan germinar. Un segundo estudio con más información fue presentado a principios de la década actual (Camacho y Subiza) y este estudio representa una progresión aún mayor al ampliar las variables en el caso de los totales anuales y al incluir los estudios de los totales de mayo hasta julio que proporcionan en términos relativos las cantidades más importantes y con mayor impacto en la salud.

Como en las ocasiones anteriores pero esta vez con mayor número de datos, se ha encontrado una relación de signo positivo entre OJR y el total anual de polen. El segundo factor en importancia ha sido Invmed (con correlación negativa) y el tercero ha sido las lluvias de abril AprR. Se ha obtenido una correlación estadística significativa de -0.53 entre la OJR e Invmed indicando que las lluvias importantes de otoño y principios del invierno están frecuentemente relacionadas con temperaturas medias más frías de lo normal en invierno y que este escenario proporciona cantidades mayores de producción de polen de gramíneas. El caso de la lluvia de abril indicaría la necesidad de humedad en el suelo para que se produzca la floración de manera significativa en el mes de mayo. El estadístico R-cuadrado ajustado del modelo es 39,0% siendo estadísticamente significativas todas las variables al 99% de nivel confianza.

La segunda variable a la que se aplicó el método fue los totales de polen en mayo. En este caso el modelo es más complejo ya que tiene 4 variables que contribuyen de manera significativa. La variable con mejor correlación (positiva) es OJR de nuevo pero también la precipitación en el intervalo marzo-abril (positiva) y la precipitación en el mes de mayo (negativa). El único factor ligado a temperaturas es la media de las mínimas del mes de mayo (negativa). Por tanto, las precipitaciones previas a la floración, en el otoño o durante los meses de desarrollo de la parte aérea de la planta (marzo y abril) correlacionan de manera positiva. En cambio, las lluvias durante la floración (mes de mayo) correlacionan de manera inversa. Las temperaturas mínimas bajas harían

disminuir la cantidad de polen emitido (correlación positiva). Las cuatro variables son significativas estadísticamente a un nivel de confianza del 99%. En este caso, el estadístico R-cuadrado es mejor que en caso de los totales anuales con un 62,4%. El modelo de ajuste al total de polen en mayo en Madrid ciudad es el siguiente:

$$\text{May} = -2293,5 + 11,1 * \text{MarAprR} + 215,0 * \text{Maymin} - 13,0 * \text{MyR} + 8,0 * \text{OJR} \quad (1)$$

Según este modelo, el total de polen en mayo va a depender de manera positiva de que haya suficientes lluvias en el momento de la siembra y del desarrollo de la planta. Va a depender también de que no llueva excesivamente en la temporada de emisión del polen ni que las temperaturas nocturnas sean excesivamente bajas.

Aplicando un proceso similar al mes de junio el modelo obtenido es más simple por que consta solo de dos variables, de nuevo OJR con correlación positiva y Maymed con correlación negativa. De nuevo las precipitaciones otoñales-invernales son críticas para que haya buena producción de polen (no pueden malograrse las semillas) pero en el mes de junio, la producción de polen depende del régimen de temperaturas de mayo. Temperaturas medias altas favorecerían el agostamiento de las partes aéreas de las plantas y una reducción sensible en la producción de polen. En este caso, el valor del estadístico R-cuadrado ajustado es de 52,7% y las variables correlacionan de manera estadísticamente significativa al nivel de confianza del 99%. La expresión del modelo es la siguiente:

$$\text{Jun} = 6460,7 - 343,3 * \text{Maymed} + 5,8 * \text{OJR} \quad (2)$$

Continuando el proceso, el modelo correspondiente al total de polen en el mes de Julio no tiene ya variables relacionadas con la precipitación. Las dos variables significativas son el promedio de temperaturas máximas de mayo y de junio y ambas con correlación negativa. El coeficiente de mayo es el doble que el de junio. El estadístico R-cuadrado ajustado vale 62,3% y las variables correlacionan de manera estadísticamente significativa al 99% de nivel de confianza. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Jul} = 4381,5 - 56,0 * \text{Junmax} - 108,3 * \text{Maymax} \quad (3)$$

7. Conclusiones

A lo largo de este trabajo hemos podido comprobar como la variabilidad de elementos del clima tal como la precipitación y las temperaturas modulan la variabilidad de la producción de polen mensual o anual de gramíneas en Madrid o el inicio de la

temporada de polinización en el caso de los plátanos de sombra. Esta relación abre posibilidades de desarrollo de sistemas de predicción de estos eventos que tienen consecuencias importantes sobre la salud pública abarcando desde las molestias ocasionales, la necesidad de medicación preventiva o el aumento de admisiones en urgencias u hospitalizaciones.

Se ha discutido también las ventajas que tiene el uso de las fechas de inicio de la temporada de polinización como factor de variabilidad climática a escala interanual o decadal pero también, las limitaciones que presenta el uso de series cortas de este dato en el caso de estudios de cambio climático. Las extrapolaciones a varias décadas con el aumento de temperaturas esperado según los diversos escenarios en el interior de la Península Ibérica plantean incógnitas sobre la capacidad de adaptación de las especies. En todo caso, el factor relevante en el plátano será la evolución de las temperaturas invernales.

En el caso de las gramíneas, se ha confirmado la importancia de las lluvias otoñales en el desarrollo de la temporada, pero se han hallado importantes matices. El primero es la importancia de que haya lluvias significativas en el periodo de desarrollo de las partes aéreas de la planta en marzo y abril y el segundo es el papel crítico que tienen las temperaturas y las precipitaciones en el mes de mayo para configurar el desarrollo en tiempo y en intensidad de la temporada de polen (y por consecuencia sus consecuencias médicas y agrícolas).

De la caracterización de las temporadas mediante el análisis de cluster se ha podido extraer diferentes escenarios promedio: temporada normal con estación de polinización larga, temporada con inicio retrasado y temporada con final rápido que dependen sobre todo de los factores meteorológicos del mes de mayo.

En cuanto a modelos de predicción, el uso de la NAO, en las circunstancias en que sea posible, para caracterizar la temporada o los modelos de correlación multivariable para los totales anuales o mensuales aquí presentados ofrecen posibilidades para su aplicación operacional después de su puesta a punto final.

8 Referencias

AEMET. "Predicción del inicio de la temporada de polinización del plátano de sombra en la Comunidad de Madrid y en la ciudad de Córdoba. Técnicas y resultados". . Nota Técnica nº1 de Biometeorología. .2009.

Camacho, J.L. y J.Subiza. “ Relación entre factores meteorológicos y recuentos de pólenes de gramíneas causantes de alergias”. IV Asamblea de la Asociación Española de Climatología. Santander, 2-5 noviembre 2004

Camacho, J.L, D. Cano, P.Cervigón, A.M. Gutiérrez, Javier Subiza. *Predicción de eventos extremos de pólenes alergénicos en la Comunidad de Madrid. Inicio de la temporada de polinización del plátano de sombra*. XXX Jornadas Científicas de la AME. Zaragoza 5-7 mayo 2008

García-Mozo H, Galán C, Jato V, Belmonte J, Díaz de la Guardia C, Fernández D, Gutiérrez M, Aira MJ, Roure JM, Ruiz L, Trigo MM, Domínguez-Vilches E “*QUERCUS POLLEN SEASON DYNAMICS IN THE IBERIAN PENINSULA: RESPONSE TO METEOROLOGICAL PARAMETERS AND POSSIBLE CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE*”. Ann Agric Environ Med 2006, 13, 209–224

IPCC “ Fourth Assesment Report of the Intergovernmental Pannel on Climate Change ”. 2007.

Peñuelas, J.; Filella, I¹;Comas, P² “Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region”. [Global Change Biology](#), Volume 8, Number 6, June 2002 , pp. 531-544(14)

Subiza, J.; Masiello, J.M.; Subiza, J.L.; Jerez, M; Hinojosa, M; Subiza, E. (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, Volume 22, pages 540-546

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

Agradecimientos

A mis sucesivos jefes en AEMET que me han permitido realizar este trabajo. A mis compañeros que me han proporcionado datos o consejos sobre el tratamiento de la información. En especial a Javier Subiza por permitirme disponer de los datos de polen y por los consejos sobre su aplicación.