



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

Modelación espacio-temporal de polen y esporas de
hongos aerovagantes de Catalunya
(1994-2015)

Tesis doctoral

Andrés M. Vélez-Pereira

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals – ICTA
Universitat Autònoma de Barcelona

España, 2017

Modelación espacio-temporal de polen y esporas de
hongos aerovagantes de Catalunya
(1994-2015)

Tesis doctoral

Memoria presentada por

Andrés M. Vélez-Pereira
Para optar al grado de Doctor

Con el visto bueno de las directoras de tesis:

Dra. Jordina Belmonte
ICTA-UAB y BABVE

Dra. Concepción De Linares
BABVE y ICTA-UAB

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals – ICTA
Universitat Autònoma de Barcelona

España, 2017

$$f_{(v\overline{w})} = \int \beta \lambda^2 \alpha \mu^2 = \infty$$

Agradecimientos

Al Departamento Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS (Colombia) Por la beca ofrecida en el marco de la convocatoria para la formación de alto nivel 617 de 2013.

A mi familia por el apoyo incondicional y por aguantar tantas cosas. Sin su apoyo, consejo y ocurrencias este proceso no tendría los resultados que hoy tiene.

A mis compañeros de despacho por estar presto a resolver cualquiera de mis dudas y solicitudes, mil gracias a todos: David Navarro, Oriol Baeza, Pau Cardellach, Rut Puigdemunt, Silvia Renom y Txell Batalla. Al final no he colocado los apodos que comente por mucho tiempo.

A mi familia en España: señor Pepe, señora Carmen y Alba, mis más sinceros agradecimientos por todo. Bueno incluyamos a mis sobrinos felinos ☺.

A los amigos que se hacen en este proceso, gracias por su apoyo, consejos y ánimos: Antonio Costa, Fabiola Palomo, Estafanía Maral, Jonathan Calleja, Nano, Natalia García, Rocío Burges, Sebastián Aparicio, Sofía Aparicio (patito), Tania Cobos. No se sientan excluidos si tu nombre no esta, es que no puedo incluir una lista tan grande en la tesis!!!

A los Doctores Miquel Ángel Canela, Rosario Delgado, Mikhail Sofiev y Marta Alarcón por su apoyo y aportes a la realización de esta tesis, ¡gracias!

A mis directoras: Dra. Jordina Belmonte Soler y Dra. Concepción De Linares Fernández

El desarrollo de modelos sobre el polen y esporas de hongos aerovagantes busca, entre otros objetivos, evaluar y predecir sus concentraciones o dinámica estacional; establecer, desarrollar o validar modelos de transporte atmosférico; o correlacionar las concentraciones con impactos o cambios en los procesos ambientales. Aquellos modelos que buscan predecir concentraciones o eventos futuros se denominan modelos predictivos y suelen ser clasificados en modelos basados en la observación (OBM), modelos basados en la fenología (PHM) y otros (Otros modelos). Una revisión exhaustiva de estos estudios muestra que los OBM se han empleado frecuentemente para predecir concentraciones futuras y los PHM para caracterizar el periodo de floración, mientras que los “Otros modelos” se han centrado en establecer estimaciones espaciales en áreas no monitoreadas. Los PHM concentran una mayor diversidad de modelos, son más sencillos de aplicar y emplean una menor cantidad de variables independientes en comparación con los OBM. No obstante, la complejidad de los criterios de partida en los PHM provoca una menor frecuencia de uso. Hay otro tipo de modelos, los de transporte atmosférico, a los que les reconoce con el nombre de modelos de dispersión y se les clasifica según sea el sentido de la modelación, hacia adelante (*Forward*) o hacia atrás (*Backward*). Éstos presentan un número menor de aplicaciones con respecto a los modelos predictivos, atribuido principalmente a los altos requerimientos técnico-científicos necesarios para su desarrollo, donde la mayor limitación es establecer el flujo y la fuente de emisión, causando un alto grado de incertidumbre en la simulación.

La variabilidad estacional e interanual que presentan las series aerobiológicas dificultan las comparaciones espacio-temporales y el desarrollo de modelos, sobre todo predictivos, principalmente por el tipo de distribución que siguen estos datos. En este sentido, se evidencia que una distribución gamma describe correctamente la distribución de una serie anual aerobiológica, permitiendo establecer comparaciones espaciales y temporales de las series anuales de 29 tipos polínicos y 20 tipos fúngicos en ocho localidades de Catalunya. Los resultados muestran que el parámetro α del modelo cambia razonablemente de año a año, dependiendo de las condiciones meteorológicas, pero mostrando una buena estabilidad interanual y espacial; además muestra que el taxon polínico Urticaceae y el taxon fúngico *Cladosporium* presentan la mayor estabilidad en sus series anuales tanto en escala temporal como espacial. Por último, el parámetro α permite establecer una clasificación genérica de las partículas aerovagantes estudiadas en cinco categorías para polen y cinco para esporas de hongos. Esta clasificación refleja la fuerte relación del parámetro α con la distribución ecológica (potencial y/o ornamental) en el caso de los táxones polínicos, y la fuerte relación entre los táxones fúngicos y el uso del suelo y/o el bioclima de la zona. La clasificación genérica propuesta, al agrupar las partículas aerovagantes en estas categorías, permite reducir el número de táxones a estudiar, uno por cada categoría, facilitando desarrollo de los modelos.

Junto a los problemas de distribución y variabilidad de los datos, para el desarrollo de los modelos predictivos se tiene en cuenta las limitaciones de los métodos estadísticos. En este sentido se ha planteado el desarrollo de los modelos por umbrales de concentración, donde se emplea el uso de una respuesta binaria que permita establecer la ocurrencia o no de un umbral de concentración modelado. Esto elimina los problemas generados por el tipo de distribución de los datos, al tiempo que disminuye

el ruido en los mismos y facilita los procesos de interpretación y presentación de los resultados. Con el fin de desarrollar un buen modelo de predicción en Catalunya, se ha evaluado la capacidad y eficacia de la regresión logística y árbol de regresión como modelos de predicción para 12 táxones (seis polínicos y seis fúngicos) seleccionados a partir de la clasificación genérica del modelo gamma y cuatro umbrales de concentración (bajo, medio, alto y muy alto). Los modelos se desarrollan utilizando datos del periodo 1994-2011 de las ocho localidades catalanas y se validaron con datos de 2012 a 2014, todos ellos pertenecientes a la base de datos de la Xarxa Aerobiològica de Catalunya. En general, los dos modelos arrojan resultados similares en cuanto a la relación y/o influencia de los parámetros meteorológicos en los diferentes umbrales, presentando valores altamente satisfactorios en los parámetros de sensibilidad y especificidad durante la validación. No obstante, se observa que la regresión logística presenta una mayor precisión en establecer la superación de un umbral de concentración (sensibilidad), además tiene menor exigencia computacional y ser más sencillo de aplicar. Por consiguiente, dicho modelo resulta ser el más idóneo para las estimaciones futuras basándose en umbrales de concentración en Catalunya.

Finalmente, se presenta un modelo de correlación que establece las tendencias del índice anual de 20 táxones fúngicos en las estaciones de Catalunya en el periodo 1995-2013. El cálculo de la significación de dichas tendencias se realiza mediante las pruebas no paramétricas de Spearman Rho y Mann-Kendall y, la magnitud del cambio, con Theil-Sen; finalmente se analiza si esta magnitud (proporción de cambio anual) es significativamente diferente de cero con la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney por fitoclima, estación y taxon estudiado. El análisis de la proporción de cambio anual muestra que 12 táxones presentan tendencias significativas crecientes y dos decrecientes. La zona central de Catalunya y *Agrocybe* muestran el mayor incremento significativo, mientras que la estación aerobiológica de Roquetes-Tortosa y el taxon *Torula* muestran los menores incrementos significativos. La mayor proporción significativa de cambio anual decreciente corresponde a *Drechslera-Helminthosporium* y la menor a *Curvularia*. Teniendo en cuenta la diversidad de características geográficas y de uso del suelo de las localidades estudiadas, se puede establecer que el efecto del cambio en los patrones meteorológicos de los últimos años no es despreciable. El aumento de las temperaturas y la inestabilidad de las precipitaciones, establecidas como efectos del cambio climático en Catalunya en los últimos 50 años, podrían estimular la esporulación en las zonas montañosas y contenerla en el litoral catalán meridional, afectando así la presencia de esporas.

The development of airborne pollen and fungal spores models have, among other aims, to evaluate and predict their concentrations and/or seasonal dynamics; to establish, develop and/or validate atmospheric transport models; and/or to correlate concentrations with impacts or changes in environmental processes. The models that predict concentrations or future events are called predictive models and are usually classified as observation based models (OBM), phenology based models (PHM) and others (Other models). A comprehensive review of the literature shows that frequently the OBM have been used to predict future concentrations and the PHM to characterize the flowering period, while "Other models" have focused on establishing spatial estimates in unmonitored areas. In comparison with the OBM, PHM are more diverse, more easy to apply and they use a smaller number of independent variables. However, the complexity of the starting criteria in PHM results in a lower frequency of use. There are other types of models that study the atmospheric transport, which are named as dispersion models and are classified as forward or backward, according to the temporal direction of the modeling. They have been applied in lesser occasions than the predictive models, mainly due to the high technical-scientific requirements necessary for their development. One of the greatest limitation is to establish the flow and source of emission, causing a high degree of uncertainty in the simulation.

The seasonal and interannual variability presented by the aerobiological series makes difficult the spatial-temporal comparisons and the development of models, mainly predictive, due to the type of data series distribution. In this sense, this work makes evident that a gamma distribution can describe properly the distribution of an annual aerobiological data series. With this model, we can establish spatial and temporal comparisons of the annual series of 29 pollen and 20 fungal taxa in eight localities of Catalonia. The results show that the parameter α of the gamma model changes reasonably from year to year, depending on the meteorological conditions, but shows a good interannual and spatial stability. In addition, this parameter shows that Urticaceae pollen and *Cladosporium* spore present the greatest stability in their annual series in both scales, temporal and spatial. Finally, the parameter α allows us to establish a generic classification of airborne particles studied in five categories for pollen and five for fungal spores. This classification reflects the strong relation of the parameter α with the ecological distribution (potential and/or ornamental) in the case of the pollen taxa, and the strong relation between the fungal taxa and the use of the soil and/or bioclimatic zone. The generic classification proposed, able to group the airborne particles in these few categories, it allow us to reduce the number of taxa to be studied, one for each category, facilitating the development of the models.

Together with the problem of data distribution and variability, to develop predictive models the limitations of the statistical methods are taken into consideration. In this sense, we propose the use of predictive models based on concentration thresholds and on a binary function that will determine whether the occurrence or not of a modeled threshold. Doing so, the problems associated with the data distribution are reduced, as well as the noise in the data and the processes of interpretation and presentation of the results are facilitated. In order to develop a good prediction model in Catalonia,

we evaluated the capacity and efficacy of the logistic regression and the regression tree as tools to predict 4 concentration thresholds (low, medium, high and very high) on 12 taxa (six pollen and six fungal taxa), selected from the generic classification of Gamma model. The models were developed using data from the period 1994-2011 of eight Catalan localities and were validated with data from years 2012 to 2014 all belonging to the database of the Xarxa Aerobiològica de Catalunya. In general, the two models show similar results regarding the relation and/or influence of the meteorological parameters in the different thresholds, presenting highly satisfactory sensitivity and specificity values during the validation. However, we observed that the logistic regression has a greater precision in establishing the exceedance of the concentration threshold (sensitivity), and a lower computational requirement, being easier to apply. Therefore, this model proves to be the most suitable for future estimates.

Finally, we present a correlation model that shows the temporal trends of the annual fungal spore index of 20 taxa in Catalonia during 1995-2013. We use the nonparametric Spearman's Rho and Mann-Kendall tests and, when the series is significant, we calculate the magnitude of the change applying the Theil-Sen estimator. Finally, we analyze whether the proportional annual change is significantly different from zero, according to the phytoclimate, station, and spore taxon, with the Wilcoxon-Mann-Whitney test. The proportional annual change analysis shows that 12 taxa present significant increasing trends and two decreasing. The central area of Catalonia and *Agrocybe* show the largest significant increase, while Roquetes-Tortosa station and the taxon *Torula* present the lowest increasing trends. The highest significant proportion of decreasing annual change corresponds to *Drechslera-Helminthosporium* and the lowest one to *Curvularia*. The diversity of characteristics of the sites studied brings the opportunity to evaluate the variability of the fungal values and the magnitude of their change across the study period as depending on the intensity of the land use (urbanization versus agriculture) and the distance to the sea (inland versus littoral), but the effect of the change of the meteorological patterns in the recent years is not negligible. The increasing temperatures and precipitation instability established as characteristics of the climate change in Catalonia in the last 50 years could be stimulating the sporulation in mountain areas and affecting it in the southern Catalan littoral, thus affecting spore counts.

El desenvolupament de models sobre pol·len i espores de fongs aerovagants busca, entre altres objectius, avaluar i predir les seves concentracions i/o dinàmica estacional; establir, desenvolupar i/o validar models de transport atmosfèric; i/o correlacionar les concentracions amb impactes o canvis en els processos ambientals. Els models que busquen predir concentracions o esdeveniments futurs es diuen models predictius i se solen classificar en models basats en la observació (OBM), models basats en la fenologia (PHM) i altres (Altres models). Una revisió exhaustiva d'aquests estudis mostra que els OBM s'han utilitzat freqüentment per a predir concentracions futures i els PHM per a caracteritzar el període de floració, mentre que els "Altres models" s'han centrat en establir estimacions espacials en àrees no monitoritzades. Els PHM concentren una major diversitat de models, són més fàcils d'aplicar i usen una menor quantitat de variables independents en comparació amb els OBM. No obstant, la complexitat dels criteris de partida en els PHM provoca una menor freqüència d'ús. Hi ha un altre tipus de models, els de transport atmosfèric, que s'anomenen models de dispersió i que es classifiquen segons el sentit de la modelització sigui endavant (*Forward*) o endarrere (*Backward*). Aquests models s'han aplicat menys que els models predictius, atribuït principalment als alts requeriments tècnic-científics necessaris per al seu desenvolupament, essent la major limitació establir el flux i font d'emissió, causant un alt grau d'incertesa en la simulació.

La variabilitat estacional i interanual que presenten les sèries aerobiològiques dificulten les comparacions espacio-temporals i el desenvolupament de models, sobretot predictius, principalment pel tipus de distribució que segueixen aquestes dades. En aquest sentit, s'evidencia que una distribució gamma descriu correctament la distribució d'una sèrie anual aerobiològica, permetent establir comparacions espacials i temporals de les sèries anuals de 29 tipus pol·línics i 20 tipus fúngics en vuit localitats de Catalunya. Els resultats mostren que el paràmetre α del model canvia raonablement d'any en any, depenent de les condicions meteorològiques, però mostrant una bona estabilitat interanual i espacial; a més mostra que el tàxon pol·línic *Urticaceae* i el tàxon fúngic *Cladosporium* presenten la major estabilitat en les seves sèries anuals tant en l'escala temporal com espacial. Finalment, el paràmetre α permet establir una classificació genèrica de les partícules aerovagants estudiades en cinc categories per a pol·len i cinc per a espores de fongs. Aquesta classificació reflexa la forta relació del paràmetre α amb la distribució ecològica (potencial i/o ornamental) en el cas dels tàxons pol·línics, i la forta relació entre els tàxons fúngics i l'ús del sòl i/o el bioclima de la zona. La classificació genèrica proposada, a l'agrupar les partícules aerovagants en aquestes categories, permet reduir el nombre de tàxons a estudiar, un per cada categoria, facilitant el desenvolupament dels models.

Junt amb els problemes de distribució i variabilitat de les dades, per al desenvolupament dels models predictius es tenen en compte les limitacions dels mètodes estadístics. En aquest sentit s'ha plantejat el desenvolupament dels models per llinars de concentració, en els que es proposa utilitzar una resposta binària que permeti establir el fet que s'assoleixi un llinar de concentració modelat. Això elimina els problemes generats pel tipus de distribució de les dades, al temps que disminueix el soroll en els mateixos i facilita els processos d'interpretació i presentació dels resultats. Amb la finalitat de desenvolupar un bon model de predicció per a Catalunya, s'ha avaluat la capacitat i eficàcia de la

regressió logística i arbre de regressió com a models de predicció per a 12 tàxons (sis pol·línics i sis fúngics) seleccionats a partir de la classificació genèrica del model gamma i quatre llandars de concentració (baix, mig, alt i molt alt). Els models es desenvolupen utilitzant dades del període 1994-2011 de les vuit localitats catalanes i es validaran amb dades de 2012 a 2014 tots ells pertanyents a la base de dades de la Xarxa Aerobiològica de Catalunya. En general, els dos models donen resultats similars en quant a la relació i/o influència dels paràmetres meteorològics en els diferents llandars, presentant valors altament satisfactoris en els paràmetres de sensibilitat i especificitat durant la validació. No obstant, s'observa que la regressió logística presenta una major precisió en establir la superació d'un llandar de concentració (sensibilitat), a més té menor exigència computacional i és més senzill d'aplicar. Per tant, aquest model resulta ser el més idoni basant a les estimacions futures per llandars de concentració a Catalunya.

Finalment, es presenta un model de correlació que estableix les tendències de l'índex anual de 20 tàxons fúngics en les estacions de Catalunya en el període 1995-2013. El càlcul de la significació d'aquestes tendències es fa mitjançant les proves no paramètriques de Spearman Rho i Mann-Kendall i, la magnitud del canvi, amb Theil-Sen; finalment s'analitza si aquesta magnitud (proporció de canvi anual) és significativament diferent de zero amb la prova de Wilcoxon-Mann-Whitney. L'anàlisi de la proporció de canvi anual mostra que 12 tàxons presenten tendències significatives de creixement i dos decreixen. La zona central de Catalunya i *Agrocybe* mostren el major increment significatiu, mentre que la estació aerobiològica de Roquetes-Tortosa i el tàxon *Torula* mostren els menors increments significatius. La major proporció significativa de canvi anual decreixent correspon a *Drechslera-Helminthosporium* i la menor a *Curvularia*. Tenint en compte la diversitat de característiques geogràfiques i d'ús del sòl de les localitats estudiades, es pot establir que l'efecte del canvi dels patrons meteorològics en els últims anys no és menyspreable. L'augment de les temperatures i la inestabilitat de les precipitacions, establerts com manifestacions del canvi climàtic a Catalunya en els últims 50 anys, podrien estimular la esporulació en les zones de muntanya i contenir-la en el litoral català meridional, afectant així la presència d'espores.

Introducción	16
I. Introducción	17
II. Objetivos y esquema de la tesis	20
III. Área de estudio	22
IV. Base de datos aerobiológica	25
V. Referencias bibliográficas	27
Capítulo 1	
Modelos de predicción y dispersión aplicados a polen y esporas de hongos en el aire	29
1.1. Introducción	31
1.2. Modelos de predicción aplicados a polen y esporas de hongos en el aire	32
1.2.1. Modelos basados en la observación (OBM)	33
1.2.2. Modelos basados en los procesos fenológicos (PHM)	39
1.2.3. Otros modelos	40
1.3. Modelos de dispersión de polen y esporas de hongos	41
1.3.1. Módulo ❶: Modelo meteorológico	42
1.3.2. Módulo ❷: Emisión de polen/esporas de hongos	43
1.3.3. Módulo ❸: Fuente área potencial y/o mapa forestal	46
1.4. Conclusión	48
1.5. Referencias bibliográficas	48
1.6. Anexos	59
Capítulo 2	
Caracterización y clasificación espacio-temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes en Catalunya	91
2.1. Introducción	93
2.2. Material y métodos	95
2.2.1. Datos aerobiológicos	95
2.2.2. Área de estudio	95
2.2.3. Método estadístico	95
2.3. Resultados y discusión	96
2.3.1. Polen	96
2.3.2. Esporas de hongos	101
2.4. Conclusión	110
2.5. Referencias bibliográficas	110
2.6. Anexos	115

Capítulo 3	
Modelos de predicción por umbrales de concentración de polen y esporas de hongos en Catalunya mediante regresión logística y árboles de regresión	143
3.1. Introducción	145
3.1.1. Regresión logística	146
3.1.2. Árboles de regresión	147
3.2. Material y métodos	148
3.2.1. Datos aerobiológicos	148
3.2.2. Área de estudio	149
3.2.3. Método estadístico	149
3.3. Resultados y discusión	150
3.3.1. Polen	151
3.3.2. Esporas de hongos	159
3.4. Conclusión	167
3.5. Referencias bibliográficas	167
3.6. Anexos	175
Capítulo 4	
Tendencias temporales de los índices anuales de esporas de hongos aerovagantes en Catalunya	203
4.1. Introducción	205
4.2. Material y métodos	206
4.2.1. Datos aerobiológicos	206
4.2.2. Área de estudio	206
4.2.3. Métodos estadísticos	206
4.3. Resultados y discusión	207
4.5. Conclusión	214
4.6. Referencias bibliográficas	214
Conclusiones	217

Introducción

Tabla I	Campos donde la Aeropalinogía tiene aplicación.	17
Tabla II	Agentes biológicos incluidos en la clasificación de bioaerosoles y sus efectos adversos en la salud humana y animal, y el ambiente.	19
Tabla III	Usos del suelo en Catalunya y en las comarcas donde se ubican las estaciones aerobiológicas.	24
Tabla IV	Clasificación, categorías y umbrales de concentración de polen en Catalunya.	26
Tabla V	Clasificación, categorías y umbrales de concentración de esporas de hongos en Catalunya.	26

Capítulo 1

Tabla 1.1	Porcentaje de uso de los modelos predictivos que se han aplicado en polen y esporas de hongos aerovagantes. (n=503, artículos recopilados cubriendo el periodo 1998 - 2015).	35
Tabla 1.2	Relación entre los modelos predictivos y el tipo de bioaerosol modelado (un mismo artículo puede incluir más de un método o taxon).	36
Tabla 1.3	Relación entre los modelos predictivos y el parámetro modelado (más de un método o taxon puede ser incluido en un mismo artículo).	38

Capítulo 2

Tabla 2.1	Promedio del índice anual de polen en estudio y del <i>número de días no nulos</i> (fondo gris) en las estaciones estudiadas.	97
Tabla 2.2	Resumen de los parámetros α , β y DNN por tipos polínicos.	99
Tabla 2.3	Clasificación genérica de los tipos polínicos mediante el parámetro α del modelo gamma.	101
Tabla 2.4	Promedio del índice anual de esporas de hongos en estudio y del <i>número de días no nulos</i> (fondo gris) en las estaciones de Catalunya.	103
Tabla 2.5	Resumen de los parámetros α , β y DNN por tipos fungícos.	104
Tabla 2.6	Clasificación genérica de los tipos de esporas de hongo mediante el parámetro α del modelo gamma.	106

Capítulo 3

Tabla 3.1	Valor crítico para los táxones polínicos y fúngicos por cada umbral de concentración en las estaciones de muestreo aerobiológicas.	151
Tabla 3.2	Frecuencia y valor crítico (VC) promedio, mínimo y máximo de las variables meteorológicas en los primeros cuatro niveles del árbol de regresión por taxon arbóreo y umbral de concentración.	154
Tabla 3.3	Frecuencia y valor crítico (VC) promedio, mínimo y máximo de las variables meteorológicas en los primeros cuatro niveles del árbol de regresión por taxon herbáceo y umbral de concentración.	155
Tabla 3.4	Sensibilidad (Sen) y especificidad (Esp) de la regresión logística y de los árboles de regresión para cada umbral de concentración y estación de estudio.	158

Tabla 3.5	Frecuencia y valor crítico (VC) promedio, mínimo y máximo de las variables meteorológicas en los cuatro primeros niveles del árbol de regresión para ascósporas y umbral de concentración.	161
Tabla 3.6	Frecuencia y valor crítico (VC) promedio, mínimo y máximo de las variables meteorológicas en los cuatro primeros niveles del árbol de regresión para basidiósporas y umbral de concentración.	162
Tabla 3.7	Frecuencia y valor crítico (VC) promedio, mínimo y máximo de las variables meteorológicas en los cuatro primeros niveles del árbol de regresión para conidiósporas y umbral de concentración.	163
Tabla 3.8	Sensibilidad (Sen) y especificidad (Esp) de la regresión logística y de los árboles de regresión para cada umbral de concentración y estación de estudio.	166

Capítulo 4

Tabla 4.1	Tendencias monotónicas significativas detectadas en los análisis de AFSI por estación de muestreo, fitoclimas y táxones de esporas de hongos y su magnitud del cambio.	208
Tabla 4.2	Distribución (en porcentaje) de las tendencias por cada taxon y test no paramétrico considerando las ocho estaciones de estudio.	210
Tabla 4.3	Comparación entre los tests de Mann–Kendall (MK) y Spearman’s Rho (SR) para detectar algún tipo de tendencia monotónica.	210

Intrroducción

Figura I	Línea de tiempo de los eventos históricos relevantes del desarrollo de la Aerobiología.	18
Figura II	Cuadro sinóptico de los procesos que afectan la presencia de polen y esporas de hongos en el aire, su impacto y las condiciones para la construcción de modelos.	20
Figura III	Modelos desarrollados a partir de series plurianuales aerobiológicas.	21
Figura IV	Situación geográfica, fitoclimas y características meteorológicas de las estaciones de estudio.	23
Figura V	Promedios mensuales de la temperatura máxima (boxplot rojos) y mínima (boxplot azul), precipitación total (barras verdes), número de días con precipitación (número en cursiva) y humedad relativa (línea naranja) de las estaciones de estudio en el periodo 1994-2015.	24

Capítulo 1

Figura 1.1	Número de estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos (eje izquierdo) y porcentaje de trabajos que aplican modelación (eje derecho) por año reportados en Google Académico.	33
Figura 1.2	Esquema de los módulos necesarios para el desarrollo de un modelo de dispersión de polen o esporas de hongos.	42
Figura 1.3	Distribución porcentual de los diferentes modelos meteorológicos aplicados en los modelos de dispersión de polen o esporas de hongos.	43
Figura 1.4	Distribución porcentual de los diferentes módulos de emisión aplicados en los modelos de dispersión de polen o esporas de hongos.	45
Figura 1.5	Distribución porcentual por modelos de dispersión atmosféricos de polen (lado izquierdo) y esporas de hongos (lado derecho).	47

Capítulo 2

Figura 2.1	Representación espacial del promedio de α por taxon en el área de estudio.	102
Figura 2.2	Representación espacial del promedio de α por taxon en el área de estudio.	107

Capítulo 3

Figura 3.1	Representación de los niveles y nodos en un árbol de regresión.	150
Figura 3.2	Frecuencia y nivel de significación de las variables meteorológicas por tipo polínico y umbral de concentración estudiado.	152
Figura 3.3	Frecuencia y nivel de significación de las variables meteorológicas por tipo fúngico y umbral de concentración estudiado.	160

Capítulo 4

Figura 4.1	Boxplots de la proporción de cambio anual (PAC año-1) en el promedio del AFSI por a) fitoclima, b) estación de muestreo y c) taxon.	212
-------------------	---	-----

Capítulo 1

- Anexo 1.A** Estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos aerovagantes donde se han aplicado modelos basados en la observación (1998-2015). 59
- Anexo 1.B** Estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos aerovagantes donde se han aplicado modelos basados en los procesos fenológicos (1998-2015). 71
- Anexo 1.C** Estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos aerovagantes donde se han aplicado “Otros modelos” (1998-2015). 79
- Anexo 1.D** Estudios de dispersión de polen y esporas y sus respectivos módulos con escala desde meso-escalar hasta larga distancia (1998-2015). 81

Capítulo 2

- Anexo 2.A** Valores de los parámetros del modelo de distribución gamma, días no nulos y su nivel de significación para cada serie anual, estación y tipo polínico estudiado. 115
- Anexo 2.B** Valores de los parámetros del modelo de distribución gamma, días no nulos y su nivel de significación para cada serie anual, estación y esporas de hongos estudiado. 131

Capítulo 3

- Anexo 3.A** Ecuaciones generadas por el modelo logístico para los umbrales de concentración de polen y esporas de hongos estudiados. 175
- Anexo 3.B** Árboles de regresión para los umbrales de concentración de polen y esporas de hongos estudiados. 189

Introducción

<i>Introducción</i> _____	<i>1</i>
I. Introducción _____	17
II. Objetivos y esquema de la tesis _____	20
III. Área de estudio _____	22
IV. Base de datos aerobiológica _____	25
V. Referencias bibliográficas _____	27

I. Introducción

En los últimos años se ha incrementado el interés por evaluar la emisión de agentes asociados a la contaminación atmosférica, en especial los de origen biológico, puesto que se ha demostrado que este tipo de emisiones (en especial los bioaerosoles) representan un riesgo para la salud de los seres humanos generando, a corto y medio plazo, problemas respiratorios que pueden afectar a una comunidad o población expuesta (Camargo *et al.* 2011).

La ciencia que estudia los organismos vivos aerotransportados se denomina Aerobiología. A pesar de que su origen surge con el estudio desarrollado por J. Bostock en 1819, quién buscaba explicar la aparición estacional de la alergia respiratoria en humanos, el término Aerobiología fue acuñado en los años 30 gracias al patólogo vegetal F.C. Meier (Boehm & Leuschner 1986, Pepper & Dowd 2009). Esta ciencia ha sido definida en muchos estudios como la ciencia que analiza los procesos de aerolización (emisión), transporte atmosférico (dispersión) y deposición (inmisión) de material biológico (Pepper & Dowd 2009). Un resumen de algunos de los eventos importantes en el desarrollo de esta ciencia es presentado en la Figura I.

La Aerobiología es considerada como una ciencia transdisciplinar que incorpora diferentes campos como la biología, la medicina, la ingeniería, la agricultura, la meteorología y la microbiología entre muchas otras donde sus estudios tienen aplicaciones. No obstante, la mayoría de estos estudios se encuadran en la Aeropalinología la cual se centran en el impacto de polen y esporas de hongos en la salud de humanos, animales y cultivos. En general se pueden establecer hasta cinco áreas de aplicación (Tabla I). Sin embargo, es preciso aclarar que en la Aerobiología, también se estudia cualquier agente biológico que sea aerotransportado como virus, bacterias, protozoos, insectos microscópicos o restos biológicos (Stetzenbach 2007, Vélez-Pereira *et al.* 2011) que también presentan un impacto en la salud humana o en el ambiente (Tabla II).

Tabla I – Campos donde la Aeropalinología tiene aplicación.

Campo	Área	Aplicación
Medicina	Humana	Por su impacto en la salud, provocado principalmente por aerolígenos.
	Forense	Para establecer la localización geográfica en pruebas criminalísticas.
Ciencias ambientales	Gestión ambiental	Para monitorizar variaciones climáticas, cambios del uso del suelo, o el bioteterioro en el patrimonio histórico-cultural.
	Calidad del aire	Considerando las partículas aerobiológicas como contaminates atmosféricos
Agricultura	Gestion de cultivos	Por su aplicaciones en la estimación del rendimiento y/o pérdida de cultivos y en el control de fitopatologías.

Fuente: adaptado por el autor a partir de De Linares (2007)

El alto interés y frecuencia en los estudios de polen y esporas de hongos aerovagantes puede atribuirse principalmente a tres aspectos: El primero de ellos es la prevalencia y/o cantidad de estos agentes en diferentes periodos de tiempo; el segundo es la relativa facilidad con la que se pueden cuantificar e identificar los diferentes táxones de dichas partículas con respecto a otros agentes; finalmente, el tercer

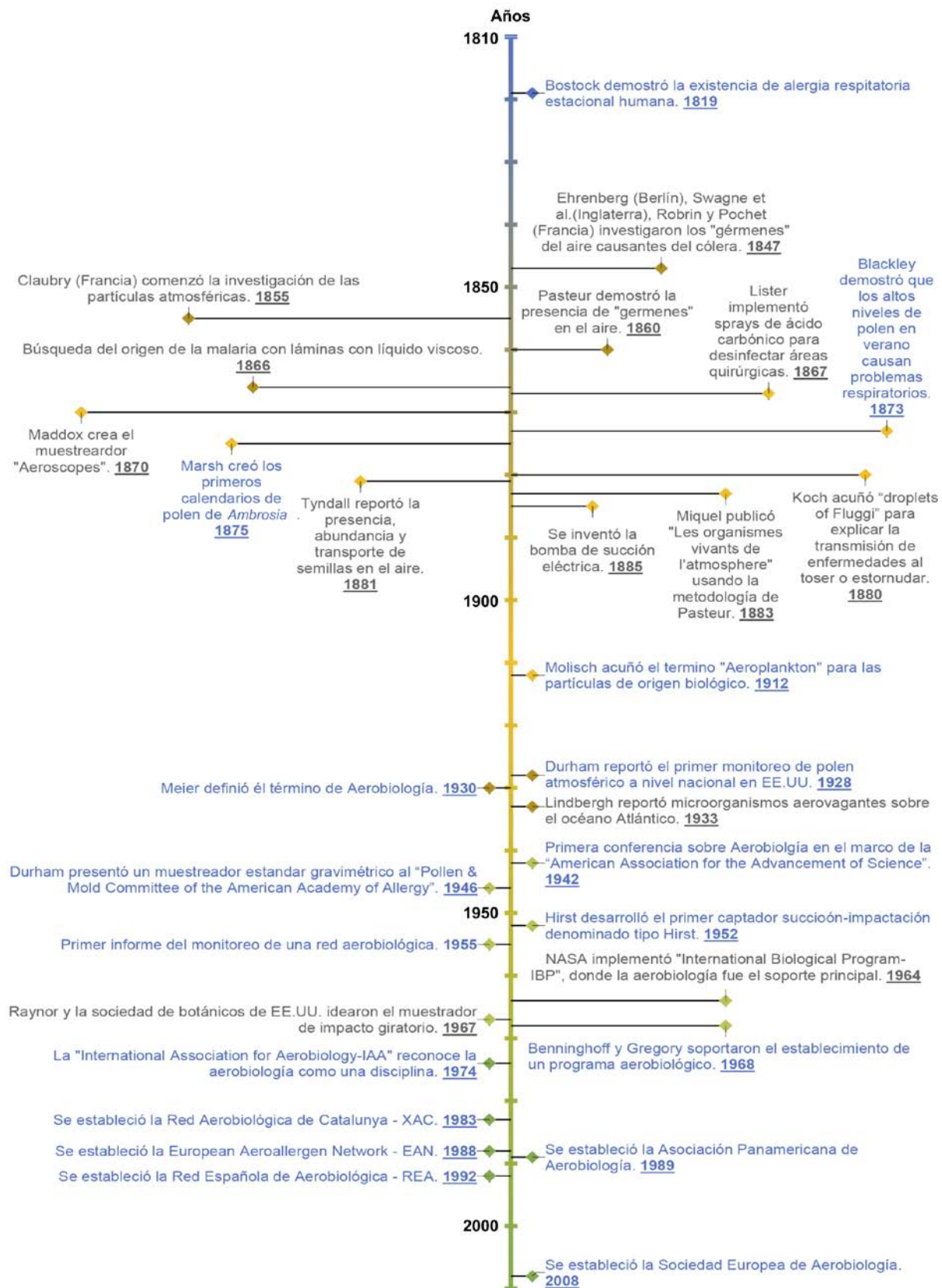


Figura I – Línea de tiempo de los eventos históricos relevantes del desarrollo de la Aerobiología.
En azul se remarcan los acontecimientos más importantes en la Aeropalinología.

Tabla II – Agentes biológicos incluidos en la clasificación de bioaerosoles y sus efectos adversos en la salud humana y animal, y el ambiente.

Agente biológico	Efectos adversos asociados	
	Salud humana y animal	Ambiente
Alga	Reacción alérgica	Problemas de olores
Bacteria	Neumonitis por hipersensibilidad Infecciones Irritación de la membrana mucosa	Degradación de edificios (biodeterioro) Pérdida de la productividad agrícola Problema de olores
Endotoxina	Tos Dolor de cabeza Fiebre Dolores musculares Náuseas Dificultad respiratoria	No reportado
Hongo	Reacciones alérgicas Exacerbación del asma Irritación dérmica Neumonitis por hipersensibilidad Infecciones Irritación de las mucosas	Biodeterioro Pérdida de productividad agrícola Problemas de olores Síndrome del edificio enfermo (indoor)
Micotoxina	Dolor de cabeza Problemas musculares Desórdenes neurológicos Dificultad respiratoria Infecciones	Pérdida de la productividad agrícola
Polen	Rinitis Conjuntivitis Asma Dermatitis	No reportado
Protozoo	Encefalitis Reacciones de hipersensibilidad Infecciones	Pérdida de productividad agrícola Posible protección del tratamiento biocida a otros microorganismos
Virus	Infecciones	Pérdida de la productividad agrícola

Fuente: adaptado por el autor a partir de Stetzenbach (2007)

aspecto y posiblemente el que mayor relevancia posee, es que las concentraciones reportadas presentan una alta aplicabilidad en diversos campos, en especial en la salud humana (Tabla I).

La presencia, cantidad y diversidad de polen y esporas de hongos en la atmósfera está fuertemente relacionada con las condiciones ambientales y geográficas, el uso del suelo, las actividades antropogénicas y/o la calidad del aire. Un ejemplo de esto es el comportamiento de las concentraciones de polen y esporas de hongos por zonas climáticas. En los climas templados, debido a la predominancia de plantas anemófilas, las concentraciones polínicas son más altas que las de las esporas fúngicas mientras que en las zonas templadas ocurre lo contrario, puesto que las esporas disponen de mejores condiciones para su desarrollo y liberación y son más abundantes. En la actualidad se han establecido redes de monitoreo de estas partículas, que abarcan desde grandes regiones como la European Aeroallergen Network (<https://ean.polleninfo.eu/Ean/>), regionales como la Red Española de Aerobiología (<https://www.uco.es/rea/>) o locales como la Xarxa Aerobiològica de Catalunya (<http://lap.uab.cat/aerobiologia/es/>) que recogen, analizan y almacenan información sobre los niveles polínicos y fúngicos de diversos táxones estudiados. Dichos registros suelen ser empleados para generar

bases de datos y crear sistemas de información sobre las variaciones que presentan los táxones a lo largo del tiempo y del espacio. Gracias a la obtención de series plurianuales se han podido realizar estudios más complejos, especialmente aquellos que pretenden modelar el comportamiento de éstas partículas o identificar las variaciones en las diferentes escalas (temporal, espacial o espacio-temporal). En la Figura II se presenta un resumen de los procesos que afectan a la presencia del polen y esporas de hongos en el aire, sus impactos y los requerimientos necesarios para la construcción de los modelos que alimentan los sistemas de información y ayudan a crear mecanismos de prevención.

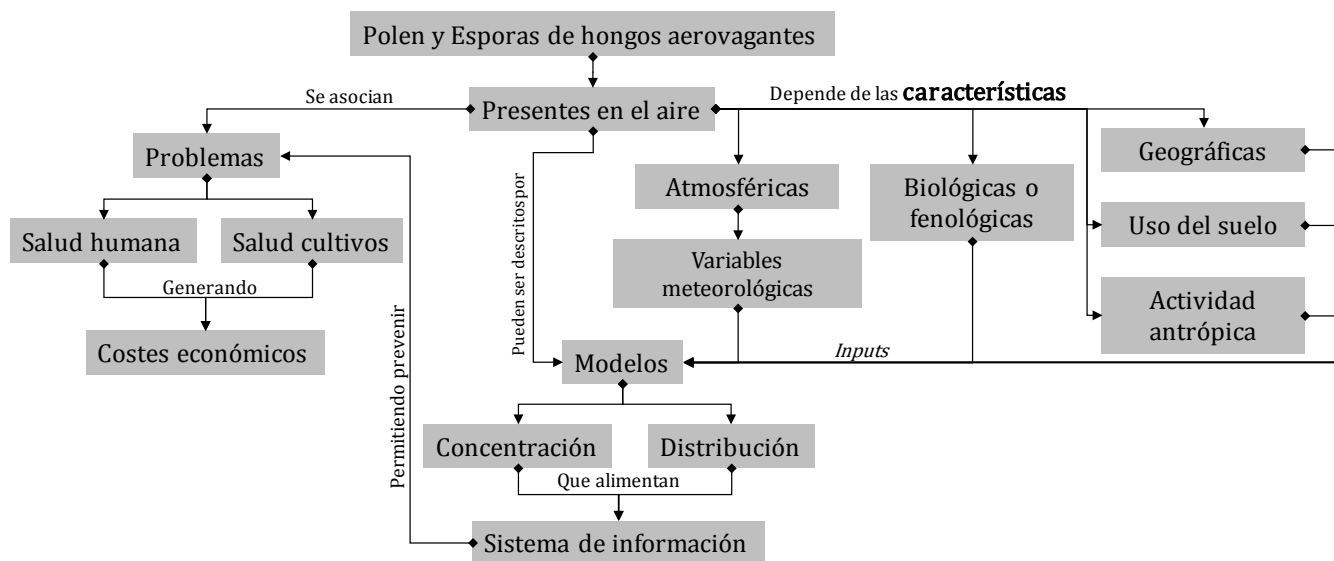
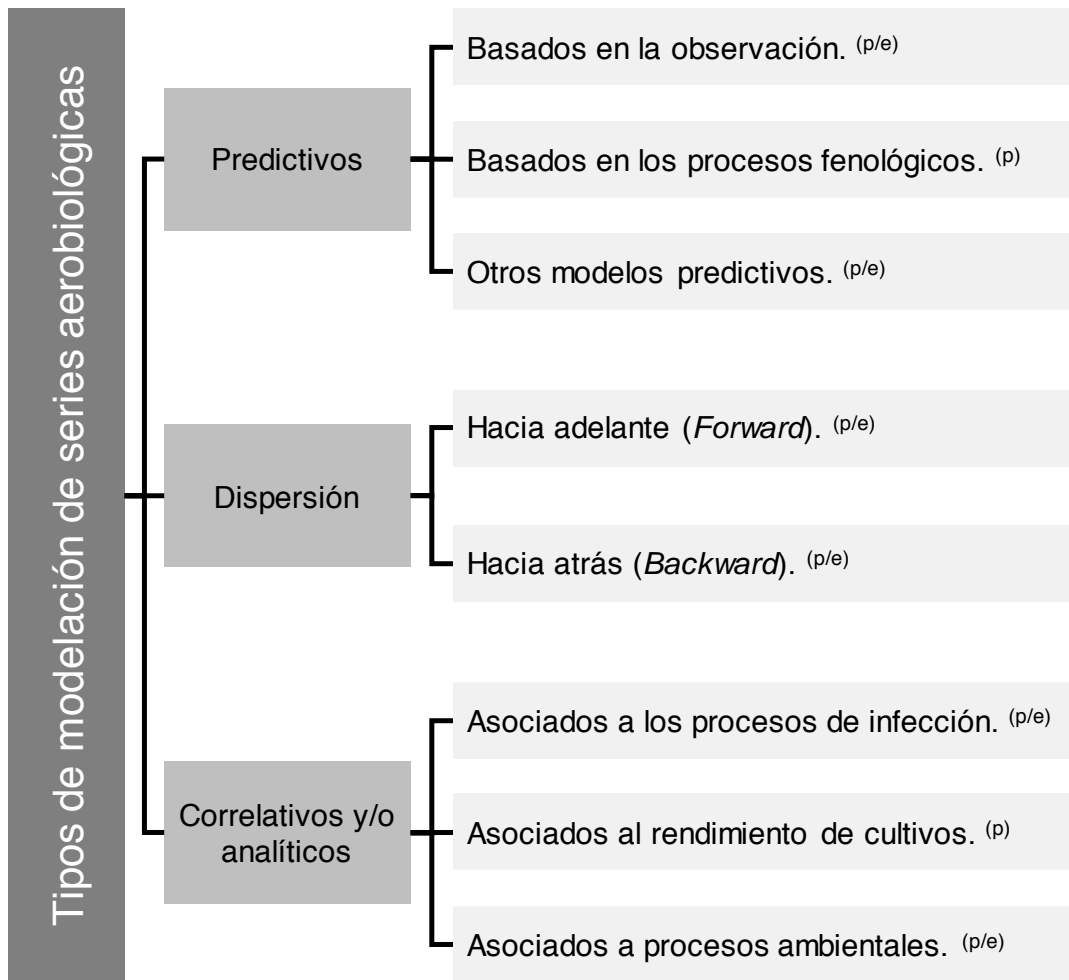


Figura II – Cuadro sinóptico de los procesos que afectan la presencia de polen y esporas de hongos en el aire, su impacto y las condiciones para la construcción de modelos.

De manera general los modelos estadísticos desarrollados a partir de las series aerobiológicas anuales se pueden dividir en tres tipos o categorías (Figura III): “Modelos predictivos” con el objetivo general de predecir las concentraciones o dinámicas aerobiológicas futuras, basados en la observación y/o en la fenología de las plantas y/o concentraciones en otras áreas a las del estudio; “Modelos de dispersión” para identificar la fuente potencial de las inmisiones, analizar el movimiento de las emisiones o explicar el aumento significativo de los valores de inmisión por transporte desde largas distancias ya sea en sentido *forward* (cuando la modelación es hacia adelante) o *backward* (si es hacia atrás); “Modelos correlativos” donde se busca relacionar el comportamiento estacional de estas partículas con la incidencia de cambios o variaciones de las condiciones ambientales, procesos de infección o a los rendimientos de los cultivos.

II. Objetivos y esquema de la tesis

El objetivo general de la tesis es desarrollar diferentes modelos estadísticos para estudiar la variación espacio-temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes en Catalunya. Para el cumplimiento de este objetivo se plantea el desarrollo de cuatro capítulos:



**Figura III – Modelos desarrollados a partir de series plurianuales aerobiológicas.
p: aplicable al polen. e: aplicable a esporas de hongos.**

Capítulo 1: Modelos de predicción y dispersión aplicados a polen y esporas de hongos en el aire.

El objetivo general de este capítulo es analizar y discutir los diferentes modelos que se han empleado en los estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos clasificados en modelos predictivos y de dispersión. En este capítulo se han recopilado estudios desde 1998 hasta 2015.

Capítulo 2: Caracterización y clasificación espacio-temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes en Catalunya.

En este capítulo se busca validar un modelo de distribución gamma que nos permita caracterizar series anuales de datos a través de los parámetros del modelo con el fin de establecer una clasificación genérica que agrupe en categorías los tipos diferentes de pólenes y esporas de hongos y así reducir el número de táxones con los que desarrollar modelos de predicción.

Capítulo 3: Modelos de predicción por umbrales de concentración de polen y esporas de hongos en Catalunya mediante regresión logística y árboles de regresión.

Con el objetivo de identificar una herramienta eficaz de predicción basada en umbrales de concentración, se evalúa el comportamiento de dos modelos estadísticos (regresión logística y árbol de regresión) utilizando 12 táxones (seis polínicos y seis fúngicos) seleccionados a partir de la clasificación genérica del modelo gamma del capítulo anterior.

Capítulo 4: Tendencias temporales de los índices anuales de esporas de hongos en Catalunya.

La finalidad de este capítulo ha sido determinar si existe una tendencia temporal en el índice anual de esporas de hongos estudiadas en las ocho estaciones aerobiológicas de Catalunya mediante las pruebas no paramétricas Mann-Kendall y Rho de Spearman, comparar los resultados de estos dos métodos y determinar su capacidad para detectar tendencias monotónicas. Finalmente se establece la proporción anual de cambio estadísticamente significativa.

Conclusiones

III. Área de estudio

El área de estudio en la que se ha centrado esta tesis es Catalunya (Noreste de España). En la Figura IV se observa la ubicación de las ocho estaciones aerobiológicas, sus características geográficas y fitoclimáticas. Tres estaciones son consideradas estaciones de ambientes urbanos: Barcelona, Girona y Tarragona; dos son consideradas rurales: Lleida y Vielha; y las tres estaciones restantes como urbano/rural: Bellaterra, Manresa y Roquetes-Tortosa. En general, el clima de esta región es principalmente mediterráneo, aunque una de las áreas presenta influencia continental y otra Atlántica.

De acuerdo con Allue Andrade (1990), estas estaciones aerobiológicas se encuentran en cuatro regiones fitoclimáticas. En el fitoclima Fresco-Continental Oriental-Húmedo se encuentra la estación de Vielha, ubicada a 42°42'08" latitud norte, 00°47'50" longitud este y 997 m.s.n.m., en el valle del Pirineo denominado Vall d'Aran. Puesto que es la estación de estudio con mayor latitud y altitud, muestra el fitoclima más frío y uno de los más lluviosos, tanto en cantidad total anual como en número de días con precipitación (Figura V).

En el fitoclima Fresco-Transicional-Semiárido se encuentra la estación de Lleida, que se ubica a una latitud central en el territorio, a 41°37'41" latitud norte, 00°35'44" longitud este y 192 m.s.n.m., en la comarca de El Segrià. Presenta las menores precipitaciones anuales y temperaturas medias de entre 12 y 15.5°C (Figura V). Esta estación aerobiológica se encuentra en la zona más agrícola de Catalunya, especialmente por cultivos de cereal (Tabla III; Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació *et al.* 2014).

Así mismo, y también en la zona central de Catalunya, se reporta el fitoclima Fresco-Continental Oriental-Semihúmedo. En él se encuentran las estaciones de Bellaterra (a 41°30'02" latitud norte, 02°06'28" longitud este y 245 m.s.n.m.) ubicada en la comarca del Vallès Occidental, Girona (41°59'03" latitud norte, 02°49'23" longitud este y 80 m.s.n.m.) en la comarca del Gironès, y Manresa (41°43'12"

latitud norte, 01°50'23" longitud este y 291 m.s.n.m.) en la comarca del Bages. Estas estaciones presentan una temperatura media de entre 12 y 15.5°C (como el caso de Lleida) pero Girona, se presenta como una de las estaciones con mayor precipitación, oscilación térmica y humedad relativa a lo largo de los años de estudio (Figura V).

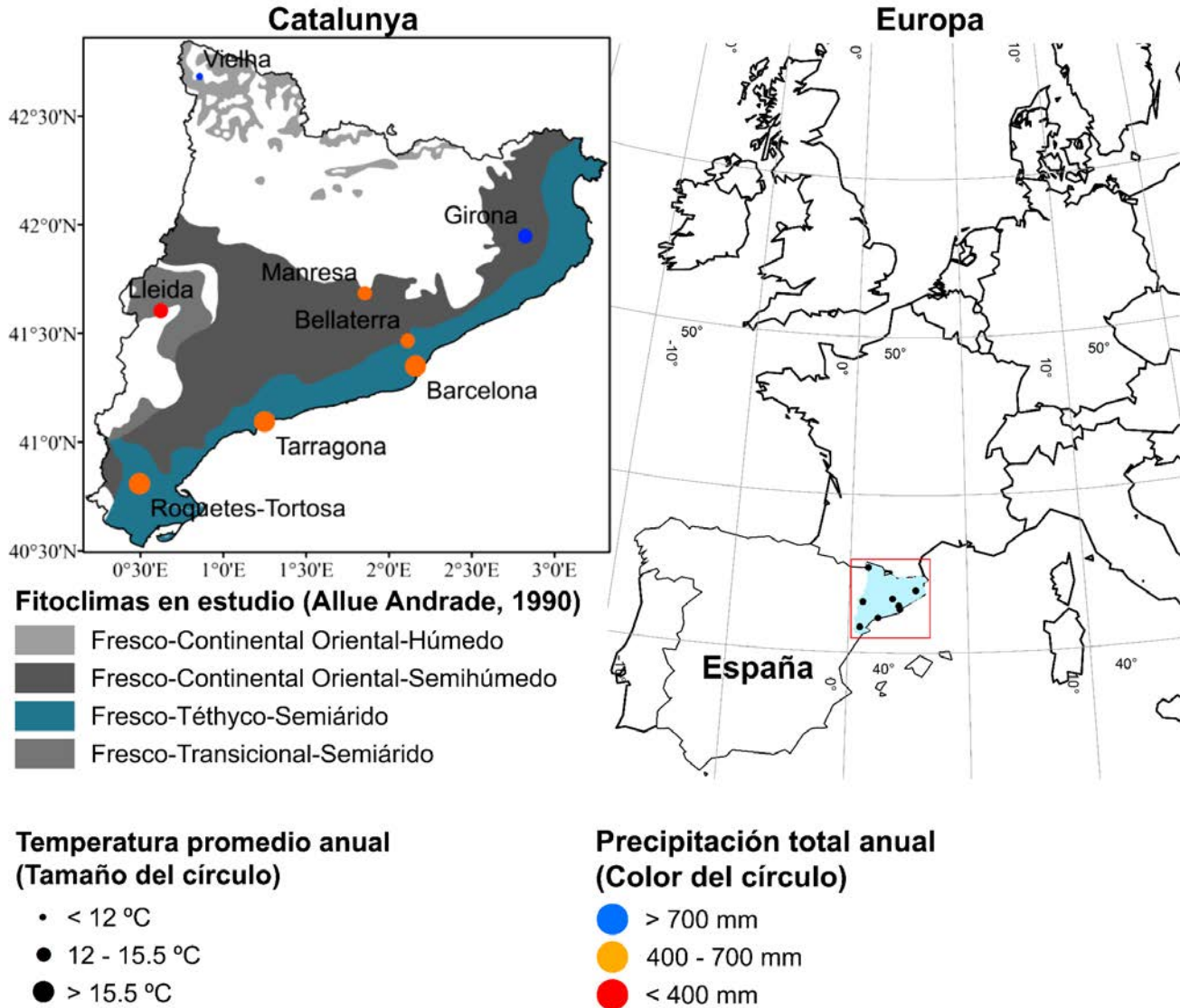


Figura IV – Situación geográfica, fitoclimas y características meteorológicas de las estaciones de estudio.

Finalmente, en la zona litoral del territorio, se reporta el fitoclima Fresco-Thétyco-Semiárido, ubicándose las estaciones de Barcelona, a 41°23'37" latitud norte, 02°09'53" longitud este y 67 m.s.n.m. en la comarca del Barcelonès; Roquetes-Tortosa, a 40°49'13" latitud norte, 00°29'35" longitud este y 50 m.s.n.m. en el área comarcal El Baix Ebre; y Tarragona a 41°07'12" latitud norte, 01°14'37" longitud este y 44 m.s.n.m. en la comarca del Tarragonès. En todas estas estaciones se presentan temperaturas de 12 a 15.5°C (como en los dos fitoclimas anteriores), pero en este caso sus precipitaciones son intermedias en comparación con las restantes estaciones (Figura IV y Figura V).

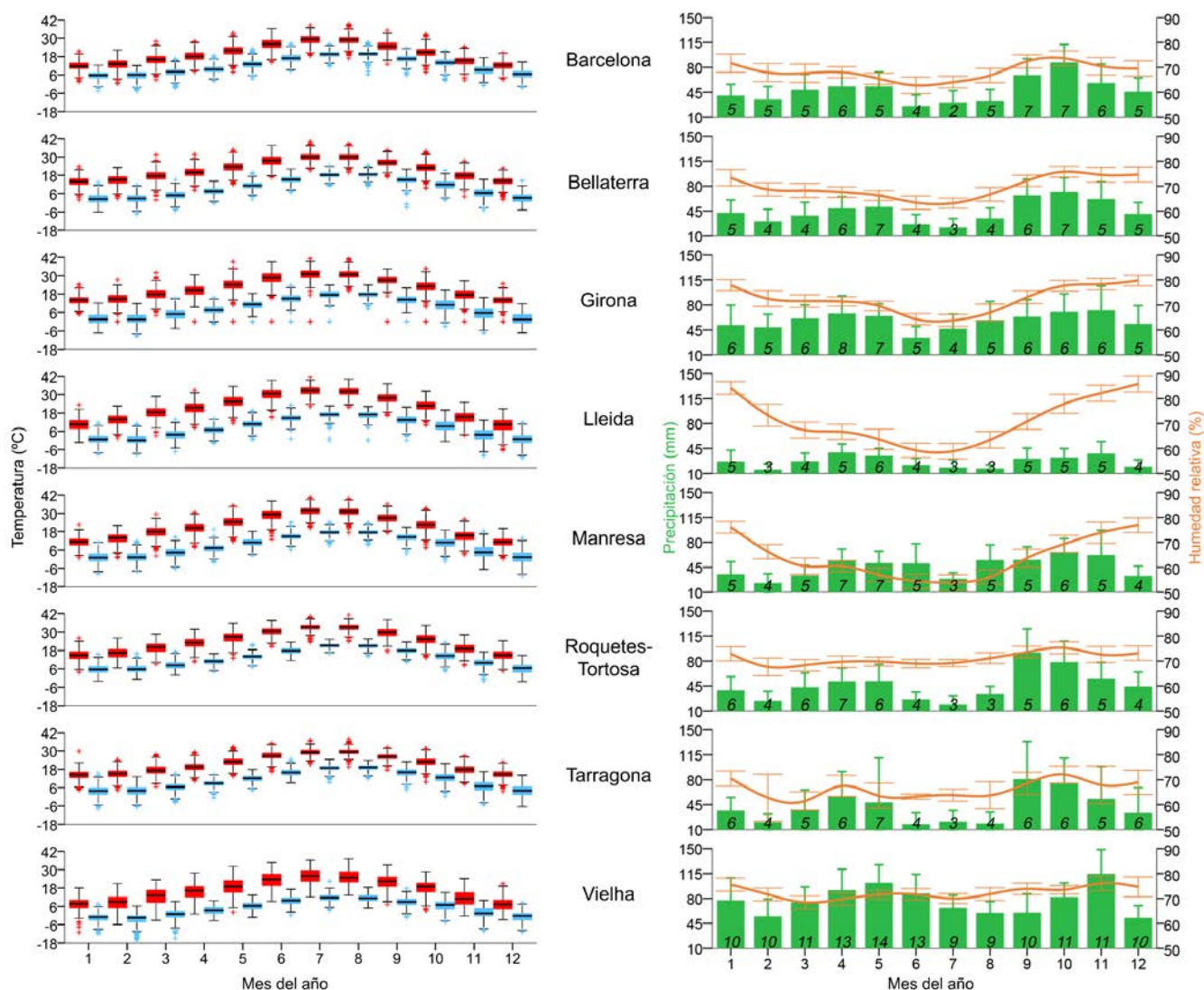


Figura V – Promedios mensuales de la temperatura máxima (boxplot rojos) y mínima (boxplot azul), precipitación total (barras verdes), número de días con precipitación (número en cursiva) y humedad relativa (línea naranja) de las estaciones de estudio en el periodo 1994-2015.

Tabla III – Usos del suelo en Catalunya y en las comarcas donde se ubican las estaciones aerobiológicas.

Estación	Comarca	Superficie	Usos del suelo (ha)							
			Forestal			Sin vegetación			Cultivos	
			Bosques	Maleza	Otros		Secano	Regadíos		
Vielha	Vall d'Aran	63360	23650	17888	20085	936	44	1	686	
Lleida	El Segrià	139670	7865	16260	4277	7463	27525	67961	8369	
Bellaterra	Vallès Occidental	58310	18368	13081	689	2736	4473	519	18434	
Girona	Gironès	57560	25126	10609	722	1897	9515	4186	5545	
Manresa	El Bages	109230	55452	19340	3162	3827	19915	751	6773	
Barcelona	Barcelonès	14580	1188	1206	169	103	13	46	11645	
Roquetes-Tortosa	El Baix Ebre	100270	17817	24932	3182	5027	26712	16744	5526	
Tarragona	Tarragonès	31940	5398	3492	425	2412	7695	3784	8534	
Catalunya		3210650	1121387	714772	217308	103017	570830	267280	214608	

Fuente: (Institut d'Estadística de Catalunya, 2014)

IV. Base de datos aerobiológica

La base de datos empleada pertenece a la Red Aerobiológica de Catalunya (Xarxa Aerobiològica de Catalunya - XAC), que sigue la metodología estándar propuesta por la Red Española de Aerobiología - REA (Galán *et al.* 2007) y los requerimientos mínimos aconsejados por la Asociación Europea de Aerobiología (Galán *et al.* 2014). Los recuentos diarios se expresan como la concentración media diaria de granos de polen por metro cúbico de aire, para los tipos polínicos y de esporas de hongos por metro cúbico, en el caso de esporas fúngicas. Para el caso de polen, se ha trabajado con datos comprendidos entre los años 1994 y 2014, mientras que los datos de esporas de hongos están disponibles desde 1995. En general, en esta tesis, Barcelona y Bellaterra presentan series de hasta 21 años (1994-2014), Girona, Lleida, Manresa y Tarragona hasta 19 años (1996-2014), Vielha hasta 11 años (2004 a 2014) y Roquetes-Tortosa hasta 9 años (2006-2014).

De la base de datos de la XAC se seleccionaron 29 tipos polínicos. De ellos 19 son árboles (*Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Castanea*, *Casuarina*, Cupressaceae, *Fagus*, *Fraxinus*, Moraceae, *Olea*, Palmae, *Pinus*, *Platanus*, *Populus*, *Quercus* [incluyendo: *Quercus* caducifolios y *Quercus* perennifolios], *Salix* y *Ulmus*), 3 arbustos (*Corylus*, Ericaceae y *Pistacia*) y 7 hierbas (*Artemisia*, *Ambrosia*, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Plantago*, Poaceae, Polygonaceae y Urticaceae).

En el caso de los táxones de hongos, se seleccionaron 20 tipos. De ellos 5 son ascósporas (*Chaetomium*, *Leptosphaeria*, *Pleospora*, Venturiaceae, Xylariaceae), 5 basidiósporas (*Agaricus*, *Agrocybe*, Coprinaceae, *Ganoderma*, Thelephoraceae) y 10 conidiósporas (*Alternaria*, *Arthrimum*, *Aspergillus*-*Penicillium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Drechslera*-*Helminthosporium*, *Epicoccum*, *Pithomyces*, *Stemphylium*, *Torula*).

Teniendo en cuenta que los niveles de concentración entre los diferentes tipos polínicos y de esporas de hongos es muy variable, Belmonte *et al.* (1999a, 1999b, 2000) introdujeron una categorización basada en cinco intervalos o umbrales de concentración para diversos tipos polínicos y fúngicos, la cual es usada para comparar las concentraciones medias semanales. No obstante, en el desarrollo de esta tesis, se han establecido cambios en dichos umbrales para diversos tipos polínicos y se han ampliado para las esporas de hongos.

En el caso de los tipos polínicos se establecieron tres grupos: grupo A correspondiente a los árboles y arbustos con altos niveles de polinización; grupo B, árboles y arbustos con bajos niveles de polinización; y grupo C constituido por hierbas con altos niveles de alergenicidad (Tabla IV).

Para los tipos de esporas fúngicas, se han establecido cuatro grupos, los cuales están definidos por el número de días del año en los que están presentes con al menos una concentración mayor o igual a una espora/m³. Es necesario aclarar que para el caso del primer grupo (grupo A), no se ha establecido 1 categorización por tratarse de esporas presentes en el aire en muy bajas concentraciones y distribuidas de manera irregular a lo largo del año (menos de 50 días con presencia de una espora al año). La clasificación establecida se presenta en la Tabla V, siendo necesario aclarar que *Cladosporium* (grupo

Tabla IV – Clasificación, categorías y umbrales de concentración de polen en Catalunya.

Grupo	Tipo de planta y nivel de polinización/alergenicidad	Taxon	Tipo de planta	Umbrales de concentración				
				Nulo (0)	Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Muy alto (4)
A	Árboles y arbustos con altos niveles de polinización	Cupressaceae	Árbol/arbusto					
		<i>Olea</i>	Árbol					
		<i>Pinus</i>	Árbol					
		<i>Platanus</i>	Árbol	0-1 polen/m ³	1-20 polen/m ³	20-50 polen/m ³	50-100 polen/m ³	>100 polen/m ³
		<i>Populus</i>	Árbol					
		<i>Quercus</i> (<i>Q. caducifolios</i> , <i>Q. perennifolios</i>)	Árbol					
B	Árboles y arbustos con bajos niveles de polinización	<i>Acer</i>	Árbol					
		<i>Alnus</i>	Árbol					
		<i>Betula</i>	Árbol					
		<i>Castanea</i>	Árbol					
		<i>Casuarina</i>	Árbol					
		<i>Corylus</i>	Arbusto					
		Ericaceae	Arbusto	0 polen/m ³	0-5 polen/m ³	5-20 polen/m ³	20-30 polen/m ³	>30 polen/m ³
		<i>Fagus</i>	Árbol					
		<i>Fraxinus</i>	Árbol					
		Moraceae	Árbol					
		<i>Palmae</i>	Árbol					
		<i>Pistacia</i>	Arbusto					
		<i>Salix</i>	Árbol					
<i>Ulmus</i>	Árbol							
C	Hierbas con altos niveles de alergenicidad	<i>Ambrosia</i>	Hierbas					
		<i>Artemisia</i>	Hierbas					
		Chenopodiaceae-Amaranthaceae	Hierbas	0 polen/m ³	0-4 polen/m ³	4-8 polen/m ³	8-12 polen/m ³	>12 polen/m ³
		Poaceae	Hierbas					
		<i>Plantago</i>	Hierbas					
		Polygonaceae	Hierbas					
		Urticaceae	Hierbas					

Tabla V – Clasificación, categorías y umbrales de concentración de esporas de hongos en Catalunya.

Grupo	Núm. De días al año con > 1 Espora/m ³	Taxon	Umbral de concentración				
			Nulo (0)	Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Muy alto (4)
B	50 – 200	<i>Agaricus</i>					
		<i>Arthrinium</i>					
		<i>Aspergillus-Penicillium</i>					
		<i>Drechslera-Helminthosporium</i>					
		<i>Epicoccum</i>					
		<i>Ganoderma</i>	0-1 esporas/m ³	1-4 esporas/m ³	4-8 esporas/m ³	8-12 esporas/m ³	>12 esporas/m ³
		<i>Leptosphaeria</i>					
		<i>Pleospora</i>					
		<i>Stemphylium</i>					
		Thelephoraceae					
		<i>Torula</i>					
		Xylariaceae					
		C	200 - 300	<i>Agrocybe</i>	0-1 esporas/m ³	1-10 esporas/m ³	10-30 esporas/m ³
<i>Alternaria</i>							
Coprinaceae							
D	> 300	<i>Cladosporium</i>	0-200 esporas/m ³	200-500 esporas/m ³	500-1000 esporas/m ³	1000-1500 esporas/m ³	>1500 esporas/m ³

Grupo A: *Chaetomium*, *Curvularia*, *Pithomyces* y Venturiaceae reportan menos de 30 días al año con al menos una esporas/m³, por esta razón no se le ha asignado una categoría y escala ordinal.

D) es un taxon que se registra casi todo el año (>300 días) con valores relativamente altos, por lo que las concentraciones por debajo de 200 esporas/m³ se consideran como umbral nulo.

V. Referencias bibliográficas

- Allue Andrade JL (1990) Phytoclimatic atlas of Spain. Taxonomies. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España
- Belmonte J, Canela M, Guàrdia R, Guàrdia RA, Sbai L, Vendrell M, Alba F, Alcázar P, Cabezudo B, Gutiérrez M, Mendez J, & Valencia R (1999a) Aerobiological dynamics of the Urticaceae pollen in Spain, 1992-98. *Polen* 10:79-91.
- Belmonte J, Canela M, Guàrdia R, Guàrdia RA, Sbai L, Vendrell M, Cariñanos P, Díaz de la Guardia C, Dopazo A, Fernández D, Gutiérrez M, & Trigo MM (1999b) Aerobiological dynamics of the Cupressaceae pollen in Spain, 1992-98. *Polen* 10:27-38.
- Belmonte J, Canela M, & Guàrdia R-A (2000) Comparison between categorical pollen data obtained by Hirst and Cour sampling methods. *Aerobiologia* 16:177-185. doi: 10.1023/A:1007628214350
- Boehm F, & Leuschner RM (1986) Advances in Aerobiology: Proceedings of the 3rd International Conference on Aerobiology, August 6-9. Birkhäuser, Basel, Switzerland
- Camargo Y, Henao DM, & Vélez-Pereira AM (2011) Introducción. In: Emisiones atmosféricas de origen biológico, Primera edición. Fondo Editorial UniMagdalena, Santa Marta, Colombia, pp 17-18
- De Linares C (2007) Análisis del polen alergógeno en la atmósfera de Granada: evolución de las concentraciones polínicas, actividad alérgica e incidencia en la población atópica. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. <http://digibug.ugr.es/handle/10481/1528#.WVaOr4TyhbU>
- Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Secretaria General, & Estudis i Prospectiva agrària i Alimentària (2014) Superfícies, rendiments i produccions comarcals dels conreus agrícoles. Any 2014. http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/02_estructura_i_produccio/02_estadistiques_agricoles/01_llencols_definitius/fitxers_estatics/produccions_comarcals/Produccions_comarcals_web_2_014.pdf. Accessed 27 Sep 2016
- Galán C, Cariñanos P, Alcázar P, & Dominguez E (2007) Manual de calidad y gestión de la Red Española de Aerobiología. Universidad de Córdoba, Córdoba, España
- Galán C, Smith M, Thibaudon M, Frenguelli G, Oteros J, Gehrig R, Berger U, Clot B, Brandao R, & Group EQW (2014) Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiologia* 30:385-395. doi: 10.1007/s10453-014-9335-5
- Institut d'Estadística de Catalunya I (2014) Anuari estadístic de Catalunya. Usos del sòl. Comarques, àmbits i províncies. <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=202>. Accessed 5 Sep 2016
- Pepper IL, & Dowd SE (2009) Chapter 5 - Aeromicrobiology. In: Environmental Microbiology (Second Edition). Academic Press, San Diego, pp 83-102
- Stetzenbach LD (2007) Introduction to Aerobiology. In: Hurst CJ, Crawford RL, Knudsen GR, McInerney MJ, & Stetzenbach LD (eds) Manual of environmental microbiology, Segunda. ASM press, Washington DC, USA, pp 925-938
- Vélez-Pereira AM, Henao DM, & Camargo Y (2011) Generalidades de los aerosoles biológicos. In: Emisiones atmosféricas de origen biológico, Primera edición. Fondo Editorial UniMagdalena, Santa Marta, Colombia, pp 19-57

Capítulo 1

**Modelos de predicción y dispersión aplicados a polen y
esporas de hongos en el aire**

Resumen

Los modelos estadísticos de polen y esporas de hongos aerovagantes pretenden, entre otros objetivos, predecir concentraciones o dinámicas estacionales y establecer, desarrollar o validar modelos de transporte atmosféricos. Aquellos modelos que buscan predecir concentraciones o eventos futuros se denominan modelos predictivos y suelen estar clasificados en modelos basados en la observación (OBM), en la fenología (PHM), o otros (Otros modelos). La revisión bibliográfica realizada en el presente capítulo muestra que los OBM se han empleado frecuentemente para predecir concentraciones futuras y los PHM para caracterizar el periodo de floración, mientras que los “Otros modelos” se han centrado en establecer estimaciones espaciales en áreas no monitoreadas. Los PHM reportan la mayor diversidad y emplean una menor cantidad de variables independientes en comparación con los OBM. También se observa que los PHM son más sencillos de aplicar que los OBM; no obstante, la amplitud de los criterios de partida en los parámetros de los PHM (ej: inicio de polinización) provoca una menor frecuencia de uso. A los modelos de transporte atmosférico se les reconoce con el nombre de modelos de dispersión y se les clasifica según sea el sentido de la modelación hacia adelante (*Forward*) o hacia atrás (*Backward*). Los modelos de dispersión presentan un número menor de aplicaciones con respecto los modelos predictivos, atribuible principalmente a los altos requerimientos técnicos-científicos necesarios para su desarrollo, donde la mayor limitación es establecer el flujo y la fuente de emisión.

Capítulo 1	29
Modelos de predicción y dispersión aplicados a polen y esporas de hongos en el aire	29
1.1. Introducción	31
1.2. Modelos de predicción aplicados a polen y esporas de hongos en el aire	32
1.2.1. Modelos basados en la observación (OBM)	33
1.2.2. Modelos basados en los procesos fenológicos (PHM)	39
1.2.3. Otros modelos	40
1.3. Modelos de dispersión de polen y esporas de hongos	41
1.3.1. Módulo ❶: Modelo meteorológico	42
1.3.2. Módulo ❷: Emisión de polen/esporas de hongos	43
1.3.3. Módulo ❸: Fuente área potencial y/o mapa forestal	46
1.4. Conclusión	48
1.5. Referencias bibliográficas	48
1.6. Anexos	59

1.1. Introducción

Un amplio espectro de microorganismos y material particulado biológico emplean la atmósfera como medio de transporte (Cox & Wathes 1995). La aerobiología estudia su presencia y comportamiento en el aire utilizando diferentes metodologías e involucrando a biólogos, agrónomos, meteorólogos y ecólogos, entre otros Scheifinger *et al.* (2013). El objetivo principal es analizar las partículas biológicas (frecuentemente polen y esporas de hongos) que son transportadas pasivamente por el aire (Cecchi 2013). Dichos estudios han evaluado su concentración y dispersión a través de los años, centrándose inicialmente en el estudio de sus características biológicas (Goldstein 1960, Kanchan & Jayachandra 1980), demostrando que la emisión de polen y esporas de hongos depende de la vegetación y las condiciones ambientales, variando interanualmente, entre países, entre regiones de un mismo país, o incluso entre ciudades de una misma región (Brown & Hovmøller 2002, Ribeiro *et al.* 2003, Prospero *et al.* 2005, Oliveira *et al.* 2009b, Ziello *et al.* 2012, De Linares *et al.* 2017). En la actualidad, los estudios aerobiológicos se centran en establecer la relación de sus concentraciones con los efectos en la salud humana o en los cultivos (D'Amato *et al.* 1998, Tao *et al.* 2009), predecir el rendimiento de los cultivos (Galán *et al.* 2008), crear programas de manejo integrado de plagas (Pasken & Pietrowicz 2005, Decognet *et al.* 2009), desarrollar modelos predictivos y de dispersión (Emberlin *et al.* 2000, Sofiev *et al.* 2013b), o como un indicador de los posibles efectos del cambio climático en la vegetación mediante alteraciones observadas en los procesos fenológicos (Aguilera *et al.* 2013).

A algunos tipos polínicos se les reconoce por su papel en el desarrollo de alergias respiratorias (D'Amato *et al.* 2007), cuyos síntomas aparecen especialmente durante los periodos de floración de las plantas (Türe & Böcük 2009). El desarrollo de éstas alergias también ha sido asociado a esporas de hongos (Hasnain *et al.* 2012). Estudios sobre la prevalencia de alergias al polen estiman que en Europa el 40% de la población está afectada (D'Amato *et al.* 2007), mientras que para el caso de las esporas de hongos se estima que alrededor del 25% de la población del mundo industrializado padece algún tipo de alergia (Salvaggio & Aukrust 1981, Tariq *et al.* 1996, Kurup *et al.* 2002).

Adicionalmente, la aerobiología puede ser útil en las previsiones de rendimiento de los cultivos, puesto que la emisión anual de polen puede ser empleada como un indicador de la producción de frutos. Esta estrecha relación ha sido ampliamente estudiada, especialmente en cultivos de polinización anemófila como el avellano (*Corylus avellana* L. – Lletjos *et al.* 1993), la vid (*Vitis vinifera* L. – Cunha *et al.* 2003), el olivo (*Olea europaea* L. – Fornaciari *et al.* 2002, 2005, Galán *et al.* 2004, Ribeiro *et al.* 2007, García-Mozo *et al.* 2009, Orlandi *et al.* 2010) o la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*, García-Mozo *et al.* 2007). En el caso de las esporas de hongos, los estudios aerobiológicos han sido empleados para predecir el riesgo de infección de los cultivos, como en la sarna del manzano (*Venturia inaequalis* – Aylor 1999), el moho azul del tabaco (*Peronospora tabacina* – Aylor 1999), la podredumbre gris (*Botrytis cinerea* – Blanco *et al.* 2006, Oliveira *et al.* 2009a, Rodríguez-Rajo *et al.* 2010, Fernández-González *et al.* 2011, Leyronas & Nicot 2013), roya de la soja (*Phakopsora pachyrhizi* – Tao *et al.* 2009), el mildiu de la vid (*Plasmopara viticola* – Fernández-González *et al.* 2011) o el oídio en la vid (*Uncinula necator* – Fernández-González *et al.* 2011).

Así mismo, los registros históricos de polen y esporas de hongos aerovagantes han sido modelados para determinar el origen de la emisión de estas partículas (Rousseau *et al.* 2004, 2006, Šauliene & Veriankaite 2006, Waisel *et al.* 2008, Belmonte *et al.* 2008, Izquierdo *et al.* 2011), simular su dispersión (Tufto *et al.* 1997, Nurminiemi *et al.* 1998, Poska & Pidek 2010, Efstathiou *et al.* 2011, Zink *et al.* 2012, Prank *et al.* 2013, Trakhtenbrot *et al.* 2014), predecir eventos futuros, o simplemente analizar su dinámica (Chuine *et al.* 2000, Belmonte & Canela 2002, Chuine & Belmonte 2004, De Linares *et al.* 2010, Recio *et al.* 2012, DellaValle *et al.* 2012, Khwarahm *et al.* 2014, García-Mozo *et al.* 2014).

Por otro lado, varios estudios se han centrado en observar los efectos del cambio climático en la vegetación; mostrándose en algunos casos la incidencia que tienen el aumento de las temperaturas en el incremento de los registros de polen (Spieksma *et al.* 1995, Frei 1998, Teranishi *et al.* 2000, Ziska & Caulfield 2000, Rasmussen 2002, Ziello *et al.* 2012, Fernández-Llamazares *et al.* 2014), mientras que otros han mostrado la relación de la temperatura con un avance en el inicio del periodo de polinización (Emberlin 1994, Emberlin *et al.* 1997, 2002, D'Amato *et al.* 2002, Fitter & Fitter 2002, Frenguelli 2002, Rasmussen 2002, Galán *et al.* 2005, Breton *et al.* 2006, García-Mozo *et al.* 2006, Stach *et al.* 2007b). Un reciente meta-análisis de datos de floración reportó que actualmente la tasa de avance fenológico primaveral es de cinco días por década para numerosas especies de plantas no arbóreas y de tres días por década para numerosas especies de árboles (Root *et al.* 2003). Otros estudios han analizado la tendencia de las esporas de hongos a través de los años, obteniendo que los incrementos de temperatura están afectando a las concentraciones de esporas positiva o negativamente, dependiendo del tipo de hongo y localidad estudiada (Corden & Millington 2001, Corden *et al.* 2003, Millington & Corden 2005, Damialis *et al.* 2015a, 2015b, Grinn-Gofroń *et al.* 2011, Sadyś *et al.* 2016, Vélez-Pereira *et al.* 2016).

El número de estudios de polen y esporas de hongos aerovagantes se ha visto incrementado en los últimos 20 años, especialmente los relacionados con modelación (Figura 1.1), lo que demuestra su creciente interés. En el presente capítulo se presentan, analizan y discuten, los diferentes modelos que se han empleado en los estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos clasificados en modelos predictivos y de dispersión. Los modelos predictivos son analizados de acuerdo a la metodología, el taxon y el parámetro modelado. Por su parte, los modelos de dispersión, limitados por la escala de aplicación (de meso-escalar a larga distancia), se analizan en función del modelo de transporte, del modelo meteorológico aplicado y módulo de emisión desarrollado y/o implementado. Este trabajo revisa los artículos en formato electrónico desde 1998 hasta 2015.

1.2. Modelos de predicción aplicados a polen y esporas de hongos en el aire

Los modelos de predicción de polen son clasificados siguiendo el criterio establecido por Scheifinger *et al.* (2013) en modelos basados en la observación (OBM - *Observation-Based Models*) y modelos basados en los procesos fenológicos (PHM - *process-based PHenological Models*). Sin embargo, cuando el modelo estudiado no cumple con los criterios de clasificación anteriores, éste es incluido en una clasificación denominada "Otros modelos". En el caso de las esporas de hongos, su clasificación está

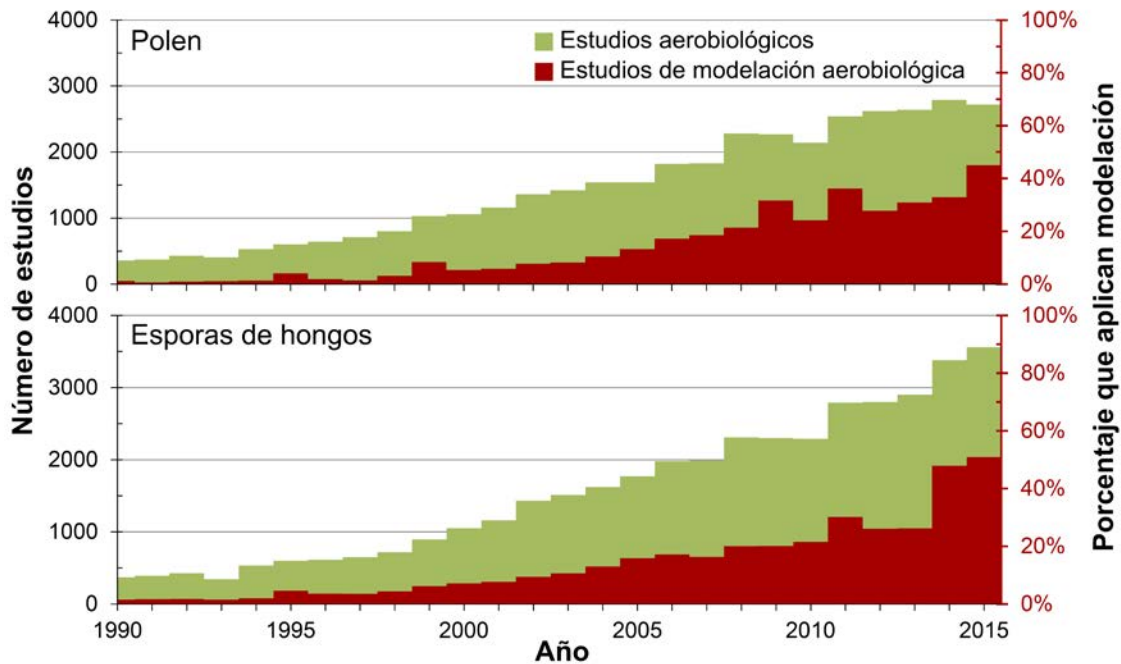


Figura 1.1 – Número de estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos (eje izquierdo) y porcentaje de trabajos que aplican modelación (eje derecho) por año reportados en Google Académico.¹

dada por OBM y “Otros modelos”. En los anexos Anexo 1.A, 1.B y 1.C se presentan los estudios que aplican algún tipo de modelo predictivo, ordenados alfabéticamente por el nombre del modelo, el tipo de bioaerosol modelado (tipo polínico o taxon de esporas de hongos) y el parámetro modelado. Este último aspecto hace referencia a la variable modelada del bioaerosol, por ejemplo la concentración diaria, la concentración pico, la fecha de la concentración pico, entre otros.

1.2.1. Modelos basados en la observación (OBM)

Los OBM se establecen como la relación entre el parámetro modelado del bioaerosol y un conjunto de variables independientes, generalmente parámetros meteorológicos (Aboulaich *et al.* 2013), expresados mediante una función o ecuación con la que se obtiene la predicción. Los estudios realizados por Raynor & Hayes (1970), Davies & Smith (1973) y Bringfelt (1979) posiblemente fueron los primeros trabajos publicados que emplearon OBM en bioaerosoles, poniendo de manifiesto el interés y la necesidad de desarrollar modelos para predecir las concentraciones diarias de estas partículas aerobiológicas.

El Anexo 1.A muestra un total de 18 modelos que se ajustan a la definición de OBM. La regresión lineal es el modelo clásico más aplicado, el cual incluye variaciones como regresión múltiple o multivariado, regresión múltiple hacia atrás, regresión múltiple jerarquizada y regresión múltiple por pasos. Sin embargo, uno de los problemas de la regresión lineal es que los datos aerobiológicos frecuentemente no cumplen la linealidad y normalidad necesarios para aplicar este tipo de regresión (Grinn-Gofroñ &

¹ Consulta realizada el 22 de julio de 2016

Strzelczak 2008a, 2008b, Astray *et al.* 2010). Esto puede generar que los resultados del modelo, cuyos datos no hayan sido previamente normalizados, presenten un alto grado de incertidumbre (Grinn-Gofroñ & Strzelczak 2008a, 2008b, Galán *et al.* 2001, Díaz de la Guardia *et al.* 2003). No obstante, diferentes procesos de normalización de estos datos como la raíz cuadrada (Smith & Emberlin 2005), logaritmo de base natural (Alcázar *et al.* 2004) o logaritmo de base 10 (Stach *et al.* 2008), pueden solucionar esta limitación. Adicionalmente, otros modelos mostrados en el Anexo 1.A como redes neuronales artificiales, autoregresión integrada, regresión logística, regresión lineal parcial y árboles de regresión, al no requerir el cumplimiento de normalidad y linealidad de los datos de entrada, han visto incrementado su uso en los últimos años. Otros modelos como Box-Jenkins no se han incluido en la presente revisión, por requerir patrones de comportamiento estacional estable que no se presentan en las series anuales de los datos aerobiológicos.

En los OBM es posible establecer el grado de ajuste de las estimaciones, siendo el coeficiente de correlación R^2 el estadístico utilizado con mayor frecuencia. Analizando este R^2 en los modelos aplicados al polen se observa que éste puede variar entre 0.21 y 0.99, mientras que para las esporas de hongos, varía entre 0.16 y 0.98. En ambos casos, los modelos que exigen el cumplimiento de la normalidad y linealidad en los datos analizados presentaron valores de ajuste más bajos. Adicionalmente, en un mismo modelo aplicado a polen e independientemente del parámetro modelado, el coeficiente R^2 no reporta grandes variaciones.

Si analizamos los OBM de forma cronológica, se observa una tendencia a disminuir el uso de la regresión lineal mientras que métodos como redes neuronales artificiales y árboles de regresión presentan una tendencia a incrementar su uso. Como se ha comentado anteriormente, esto puede ser atribuido al hecho que estos últimos modelos no están limitados por la falta de normalidad y linealidad en los datos aerobiológicos. Además, estos métodos presentan una ventaja adicional al poder desarrollar en paralelo procesos de clasificación, predicción y análisis clúster, entre otros, que facilitan el ajuste de los modelos (Scheifinger *et al.* 2013).

En la Tabla 1.1 se muestran los porcentajes de uso de cada modelo utilizado en OBM. La regresión lineal es la más usada (21.1%), seguido de redes neuronales artificiales (8.7%), regresión logística (5.8%) y autorregresión integrada (4.4%). Es necesario aclarar que en la metodología de regresión lineal se incluyen las variaciones del método como regresión múltiple (33.0% de los estudios incluidos en regresión lineal), regresión múltiple por paso (31.3%), regresión múltiple hacia atrás (4.6%) y regresión múltiple jerarquizada (1.9%). Los OBM representan el 55.5% de los 503 métodos predictivos que se han aplicado en los 152 artículos analizados en este capítulo. Como muestran estas cifras, más de un método puede ser incluido en un mismo artículo.

En relación a los táxones modelados (Tabla 1.2), de un total de 28, el tipo polínico más modelado es Poaceae seguido por *Olea*, *Ambrosia* y *Betula*. En el caso de las esporas de hongos, de un total de 7 táxones, *Alternaria* es el taxon más frecuentemente modelado, seguido de *Cladosporium* y *Ganoderma*. La frecuencia de uso de cada modelo sobre un taxon determinado puede estar justificada por su impacto en la salud humana o en la agricultura y no en una restricción específica del método.

Tabla 1.1 – Porcentaje de uso de los modelos predictivos que se han aplicado en polen y esporas de hongos aerovagantes. (n=503, artículos recopilados cubriendo el periodo 1998 - 2015).

Modelo	Porcentaje de uso			
	Polen	Esporas de hongos	Total	
OMB	Análisis de componentes principales	0.2%	0.2%	
	Análisis lineal discriminante	1.0%	1.0%	
	Arboles de regresión	1.8%	0.6%	2.4%
	Autoregresión integrada	2.8%	1.6%	4.4%
	Gamma Probability density function (PDF)	0.6%	0.6%	1.2%
	Gaussian PDF	0.6%	0.6%	1.2%
	Gradiente boosting estocástico	3.2%		3.2%
	Gumbel's PDF	3.0%		3.0%
	Máquina de soporte de vectores	0.6%		0.6%
	Mínimos cuadrados parciales	0.6%		0.6%
	Redes neuronales artificiales	4.2%	4.6%	8.7%
	Regresión de Poisson	0.2%		0.2%
	Regresión lineal	18.5%	2.6%	21.1%
	Regresión lineal parcial	0.2%		0.2%
	Regresión logística	5.6%	0.2%	5.8%
	Regresión no paramétrica	1.0%		1.0%
	Regresión no paramétrica (mediana)	0.2%		0.2%
Shuffle Complex Evolution Metropolis Algorithm (SCEM-UA)	0.6%		0.6%	
<i>Subtotal de OMB</i>	<i>44.8%</i>	<i>10.7%</i>	<i>55.5%</i>	
PHM	Alternativo	3.0%	3.0%	
	Días de grados de crecimiento (°GDD)	5.6%	5.6%	
	Estado de función forzada	0.4%	0.4%	
	Forc PO	0.4%	0.4%	
	Forzado de Sarvas	2.4%	2.4%	
	Forzado unificado	0.2%	0.2%	
	Horas de grados de crecimiento (°GDH)	0.8%	0.8%	
	Método de la hora fría	1.2%	1.2%	
	Método del día frío	0.4%	0.4%	
	Paralelo	3.0%	3.0%	
	Paralelo de Sarvas	2.2%	2.2%	
	Paralelo del tiempo térmico	2.2%	2.2%	
	Primavera cálida	3.0%	3.0%	
	Q10	0.2%	0.2%	
	Secuencial	3.0%	3.0%	
	Secuencial de Sarvas	2.2%	2.2%	
	Secuencial del tiempo térmico	2.2%	2.2%	
	Suma de temperatura	1.6%	1.6%	
	Suma de temperatura de doble umbral	0.2%	0.2%	
	Tiempo de forzado térmico	2.4%	2.4%	
Tiempo térmico	0.2%	0.2%		
Unidad de frío	0.2%	0.2%		
Unidades de calor	0.4%	0.4%		
Unidades de forzado y frío	1.4%	1.4%		
<i>Subtotal de PHM</i>	<i>38.6%</i>	<i>38.6%</i>		
Otros	Índice bioclimático	0.4%	0.4%	
	Índice taxonómico	0.2%	0.2%	
	Kriging	1.2%	1.2%	
	Kriging-Regresión Lineal-Autocorrección espacial (Kr-Lr-Sa)	0.2%	0.2%	
	Longitudinal	1.0%	1.0%	
	Modelo de la estación más cercana	1.0%	1.0%	
	Modelo de regresión del uso del suelo		0.6%	0.6%
	Predicción basado en las medias diarias	1.2%		1.2%
Vecino más cercano	0.2%		0.2%	
<i>Subtotal de otros</i>	<i>5.4%</i>	<i>0.6%</i>	<i>6.0%</i>	
Total	88.7%	11.3%		

La Tabla 1.3 muestra la relación entre los modelos aplicados y el parámetro modelado. En el caso del polen, la variable mayoritariamente modelada es las concentraciones diarias (91 casos), seguida del inicio del periodo de polinización (53 casos) y el fin y la duración del periodo de polinización (17 casos para

Continuación Tabla 2.2

Modelo	Polen																					Esporas de hongos										Total por modelo												
	Acer	Aesculus	Alnus	Ambrosia	Artemisia	Betula	Buxus	Carpinus	Castanea	Cheno.-Amara	Corylus	Cupressaceae	Fagus	Fraxinus	Juglans	Olea	Pinus	Plantago	Plantanus	Poaceae	Populus	Prunus	Quercus	Rumex	Salix	Taxus	Ulmus	Urticaceae	Polen	Subtotal	Alternaria		Asper.-Pentic.	Botrytis	Cladosporium	Ganoderma	Pileospora	Pyricularia	Espora de hongo	Subtotal				
Índice bioclimático																																										2		
Índice taxonómico																																											1	
Kriging	1																																										6	
Kriging-Lr-Sa																																											1	
Longitudinal	1																																										1	
Otros modelos	1																																										5	
Modelo de estación mas cercana	1																																										5	
Modelo de regresión del uso del suelo																																											3	
Predicción basado en las medias diarias																																												6
Vecino mas cercano																																												1
Subtotal de Otros modelos	3														2							6																					30	
Total	9	10	30	31	22	30	10	11	15	1	14	17	1	4	4	73	2	3	22	62	2	1	24	1	10	11	16	9	446	24	1	2	13	7	4	1	5	57	503					

Cheno.-Amara.: Chenopodiaceae-Amaranthaceae. Asper.-Pentic: *Aspergillus-Penicillium*

Tabla 1.3 – Relación entre los modelos predictivos y el parámetro modelado (más de un método o taxon puede ser incluido en un mismo artículo).

Modelos	Parámetro modelado																							
	Polen									Esporas de hongos														
	Día pico	Duración del periodo	Estimación espacial	Fin del periodo	Índice anual	Índice pre-pico	Inicio del periodo	Núm. de días por encima del umbral	Concentración pico	Concentración diaria	Concentración semanal	Incremento anual	Duración del periodo	Estimación espacial	Fin del periodo	Índice mensual	Inicio del periodo	Núm. de esporas	Presencia o ausencia	Concentración*	Concentración diaria	Concentración horaria	Concentración semanal	
Análisis de componentes principales										1														
Análisis discriminante lineal					1		1	1	1	1														
Arboles de regresión					1		1	1	1	5									1			2		
Autoregresión integrada		1			1		3			7	2				2						1	5		
Gamma PDF		1		1			1					1		1		1								
Gaussian PDF		1		1			1					1		1		1								
Gradiente boosting estocástico										16														
Gumbel's PDF	3	3					3	3	3															
Maquina de soporte de vectores										3														
Mínimos cuadrados parciales	1						1			1														
Redes neuronales artificiales					1		1	1	1	17			2					1	1	1	15	3		
Regresión de Poisson										1														
Regresión lineal	9	11		5	8	1	27		6	26											2	9	2	
Regresión lineal parcial										1														
Regresión logística					9		13		5	1	1													
Regresión no paramétrica					1		1		3															
Regresión no paramétrica (mediana)									1															
SCEM-UA									3															
Subtotal de OMB	13	17	17	12	1	53	6	12	91	3	1	2	2	2	2	2	1	2	4	31	3	2	2	
Alternativo									15															
°GDD	1	5		1					21															
Estado de función forzada	1								1															
Forc PO	1								1															
Forzado de Sarvas									12															
Forzado unificado									1															
°GDH		2					2																	
Método de la hora fría									6															
Método del día frío									2															
Paralelo									15															
Paralelo de Sarvas									11															
Paralelo del tiempo térmico									11															
Primavera cálida									15															
Q10									1															
Secuencial									15															
Secuencial de Sarvas									11															
Secuencial del tiempo térmico									11															
Suma de temperatura			1						7															
Suma de temperatura de doble umbral			1																					
Tiempo de forzado térmico									12															
Tiempo térmico									1															
Unidad de frío	1																							
Unidades de calor									2															
Unidades de forzado y frío	1								6															
Subtotal de PHM	5	9	1				179																	
Índice bioclimático		1					1																	
Índice taxonómico							1																	
Kriging			6																					
Kr-Lr-Sa			1																					
Longitudinal			5																					
Modelo de la estación más cercana			5																					
Modelo de regresión del uso del suelo													3											
Predicción basado en las medias diarias							2		2	2														
Vecino más cercano									1															
Subtotal de Otros modelos	1	17					4		3	2		3												
Total	18	27	17	18	12	1	236	6	12	94	5	1	2	5	2	2	1	2	4	31	3	2	2	

* No reportan las unidades de medida

cada uno). En las esporas de hongos, el parámetro más modelado ha sido, al igual que en el caso del polen, las concentraciones diarias (32 casos de los 54 totales).

1.2.2. Modelos basados en los procesos fenológicos (PHM)

Los PHM se establecen como modelos aerobiológicos basados en el periodo de polinización (inicio, fin y/o duración del periodo de polinización) y que se asocian a una fase fenológica. Teniendo en cuenta que las emisiones de polen se desarrollan durante la floración de las plantas, y que ésta a su vez requiere de condiciones climáticas específicas, algunos autores han predicho el inicio de la temporada de polen usando la temperatura (García-Mozo *et al.* 2000, 2002, Orlandi *et al.* 2002, Sánchez-Mesa *et al.* 2002, Recio *et al.* 2012), la radiación o insolación, las horas de sol, la evapotranspiración, el viento y/o la precipitación (Durand 1967, Mandrioli *et al.* 1993, Fornaciari *et al.* 1998, Laaidi 2001a, 2001b, Laaidi *et al.* 2003, Stach *et al.* 2008, Kizilpinar *et al.* 2011, Puc 2012). Estas variables también han sido empleadas en los estudios de las fases fenológicas (Chuine *et al.* 1998, Chuine 2000, Schaber & Badeck 2003, Linkosalo *et al.* 2008). Tal y como Scheifinger *et al.* (2013) lo describe, estos modelos pueden emplear variables simples como la acumulación de calor, acumulación de frío, el fotoperiodo y la disponibilidad de agua, así como la combinación de dos o más parámetros anteriormente mencionados.

No obstante, los estudios que relacionan la concentración de polen aerovagante con los procesos fenológicos no son tan abundantes como los que aplican OBM, a pesar de que las variables meteorológicas afectan al proceso fenológico de floración y por tanto a la cantidad de polen aerovagante (Khwarahm *et al.* 2014).

Uno de los primeros trabajos que logró predecir el inicio de la temporada del polen basándose en procesos fenológicos lo realizó Andersen en 1991 utilizando las “unidades de dormancia” y las “unidades de crecimiento” para predecir el periodo de polinización de *Alnus*, *Betula* y *Ulmus*. En la presente revisión se han encontrado 24 modelos diferentes (Anexo 1.B). Uno de estos modelos usa la acumulación de calor y el fotoperiodo como parámetros principales del modelo (“forc PO”), tres usan la fase de dormancia (“método del día frío”, “método de la hora fría” y “unidad de frío”); ocho usan la acumulación de calor y la fase de dormancia (“alternativo”, “paralelo”, “secuencial”, “paralelo de Sarvas”, “paralelo del tiempo térmico”, “secuencial de Sarvas”, “secuencial del tiempo térmico” y “unidades de forzado y frío”); mientras que los 12 restantes usan la acumulación de calor.

La Tabla 1.1 muestra que, de los modelos predictivos analizados, el 38.5% de ellos corresponden a PHM, donde el modelo “días de grados de crecimiento (°GDD)” es el más aplicado seguido por el grupo de modelos de “paralelo” y “secuencial” y, “alternativo” y “primavera cálida”.

La complejidad de los PHM está en establecer las características fundamentales del periodo de polinización (el inicio y/o el fin) por medio de los umbrales de temperatura para cada fase fenológica. De hecho, el método para definir los umbrales es mucho más complejo que la aplicación misma del modelo. Del análisis de los trabajos recopilados en este capítulo, se evidencia que 24 de los 33 estudios plantean un diseño en función de la variación de la temperatura umbral entre los 0 y 12 °C, con el fin de

establecer la mejor temperatura para el desarrollo de los modelos. Incluso seis de los 33 estudios plantean un análisis cruzado de la variación de los umbrales con variaciones en la metodología empleada para establecer el inicio y fin del periodo de floración.

Como en el caso de OBM, en los PHM es posible medir el grado de precisión de los modelos, siendo el RMSE (error cuadrático medio) el parámetro más frecuentemente empleado. Los resultados muestran un buen ajuste de los modelos fenológicos con un rango de error entre los 0 y 7 días en la predicción de la fecha de inicio y de 1 a 6 días en la predicción del día pico. En ambos casos la fecha de la estimación es posterior a la fecha observada.

El análisis entre el PHM y el taxon estudiado (Tabla 1.2) muestra que *Olea* es el tipo polínico más frecuentemente modelado seguido de *Alnus*, *Platanus* y *Quercus*. Al igual que OBM, el estudio de un taxon u otro, no se debe a una condición específica del modelo, sino a su importancia o impacto sobre la salud o en la producción de los cultivos. Finalmente, la Tabla 1.3 muestra que el inicio del periodo es el parámetro más predicho por este tipo de modelos, seguido por la duración del periodo de polinización y el día pico.

1.2.3. Otros modelos

Como ya se mencionó, cuando los modelos predictivos reportados en el presente capítulo no se ajustan a las definiciones de OBM y PHM, empleamos la clasificación “Otros modelos”. El Anexo 1.C muestra los 8 tipos de modelos encontrados. El “Índice bioclimático” y el “Índice taxonómico” son modelos predictivos que caracterizan el periodo de polinización. En ellos, en lugar de utilizar variables meteorológicas y/o fenológicas, se utilizan índices elaborados a partir de combinaciones estas variables de entrada. Valencia-Barrera *et al.* (2002) publicaron que en un periodo de tiempo corto (tomando solo periodo principal de polinización) el uso de los índices bioclimáticos muestra resultados similares a los OBM, mientras que en un periodo de tiempo extenso (incluyendo un periodo anterior y posterior al periodo principal de polinización) se observa una mejor correlación. Concluyendo que estos indicadores ofrecen mayor precisión en las estimaciones. Alternativamente, el modelo “Predicción basada en las medias diarias” obtiene una estimación en base a la media de la concentración histórica del polen en una misma fecha.

El resto de modelos incluidos en este apartado emplean métodos estadísticos de interpolación, utilizando datos de estaciones cercanas al área donde se quiere hacer la estimación. DellaValle *et al.* (2012) aplicó tres modelos (Vecino más cercano, Kriging, Modelo longitudinal) de los clasificados en otros modelos en un mismo estudio, concluyendo que las estimaciones espaciales pueden ser poco fiables debido a la influencia de las condiciones meteorológicas, las características aerodinámicas de la partícula y las grandes variaciones en las concentraciones. Sin embargo, el modelo puede tener una buena estimación en áreas no monitoreadas si se tienen en cuenta las citadas variables. Por otro lado, Alba *et al.* (2006) aplicó el modelo de interpolación Kriging para estimar las concentraciones de polen de *Olea* en la zona oriental de Andalucía (España). En este caso, no encontraron diferencias significativas entre el promedio

semanal de polen observado y las estimaciones del modelo, excepto cuando las estaciones de monitoreo presentaban una alta fluctuación en las concentraciones.

Los modelos categorizados como “Otros modelos” corresponde al 6.0% del total de los modelos predictivos recopilados (Tabla 1.1). En este caso, el modelo más usado es el “Kriging”, seguido de “predicción basado en las medias diarias”, “longitudinal” y “la estación de monitoreo más cercana”. La Tabla 1.2 muestra que el taxon más frecuentemente analizado con estos modelos es Poaceae, seguido de *Quercus*, *Acer* y *Urticaceae*. En el caso de las esporas, se reporta un estudio para *Alternaria* y *Cladosporium*. Finalmente, la Tabla 1.3 muestra que el parámetro más frecuentemente modelado es la estimación espacial de la concentración, seguido del inicio del periodo.

1.3. Modelos de dispersión de polen y esporas de hongos

Los aerosoles atmosféricos se originan en una gran variedad de fuentes naturales y antropogénicas, por lo que su concentración, composición y distribución en tamaños presentan una alta variabilidad espacio-temporal (Pöschl 2005). Su dispersión a través de la atmósfera se ve afectada por procesos como el transporte en las masas de aire, la mezcla turbulenta del aire, las transformaciones fisicoquímicas y la deposición por vía seca y húmeda (Sofiev *et al.* 2006a). Dichos procesos están relacionados principalmente con los factores meteorológicos, así como con características físicas de la propia partícula como la forma, densidad, tamaño y viabilidad del aerosol (Helbig *et al.* 2004, Kuparinen *et al.* 2007, Pfender *et al.* 2007, Vogel *et al.* 2008, Veriankaitè *et al.* 2010, Vélez-Pereira 2011, Després *et al.* 2012). En el caso de los bioaerosoles menores de 100 µm, los procesos de dispersión no varían sustancialmente con respecto a las partículas inorgánicas menores de 10 µm (PM10) (Sofiev *et al.* 2006a, 2013a). A pesar de tener un tamaño mayor, su baja densidad y su carácter hidrofóbico facilitan que el tiempo de residencia en la atmósfera y su velocidad de deposición sean equiparables a los valores de muchos aerosoles atmosféricos.

El estudio del transporte de polen y esporas de hongos se justifica principalmente en los impactos en la salud pública y cultivos. Desde mediados del siglo XX se han reportado estudios de dispersión de polen y esporas de hongos, proporcionando información sobre su transporte a escalas locales, regionales y de larga distancia (Erdtman 1931, 1935, Gregory 1961, Ranta *et al.* 2006, Skjøth *et al.* 2007, Zhang *et al.* 2014). Uno de los primeros trabajos sobre la dispersión del polen lo presentaron Di-Giovanni *et al.* (1989) y McCartney & Lacey (1991), demostrando la aplicabilidad de estos modelos a pesar de su falta de precisión. A partir de estos estudios, se ha evidenciado el transporte a diferentes distancias, de tipos polínicos y fúngicos como *Ambrosia* en Polonia (Stach *et al.* 2007b, Smith *et al.* 2008, Kasprzyk *et al.* 2011), Italia (Cecchi *et al.* 2007) y el área balcánica (Šikoparija *et al.* 2009); *Betula* en el Reino Unido (Skjøth *et al.* 2009) y Dinamarca (Mahura *et al.* 2007, Skjøth *et al.* 2007); *Ambrosia*, *Cannabis*, *Fagus*, *Quercus*, y *Olea* en España (Cabezudo *et al.* 1997, Belmonte *et al.* 2000, 2008, Hernández-Ceballos *et al.* 2011b, 2014); Poaceae en Reino Unido (Smith *et al.* 2005); *Alternaria* en Dinamarca (Skjøth *et al.* 2012); o *Ganoderma* en Inglaterra (Sadyś *et al.* 2014).

Para el desarrollo de un modelo de dispersión de polen o esporas de hongos se requiere, al igual que para cualquier elemento del que se desee simular su dispersión, de un conjunto de variables y/o información que permitan dar solución a la ecuación de transporte empleada en el modelo. En la Figura 1.2 se propone un esquema general sobre el desarrollo de un modelo de dispersión de polen o esporas de hongos. El modelo requerirá de cuatro grandes componentes de información: un módulo conformado por el modelo meteorológico ❶, que establecerá las características físicas y químicas del transporte de la partícula y los procesos de emisión; un módulo de emisión de polen/esporas ❷, que establecerá las características temporales de la emisión; un módulo donde se presente la fuente área potencial de emisión o mapa forestal ❸, que aportará la información sobre la distribución espacial de la(s) fuente(s) de emisión; y un módulo que contenga las configuraciones de salida ❹, que definirá los criterios espacio-temporales de solución de la ecuación del modelo, como resolución vertical y horizontal, entre otras.

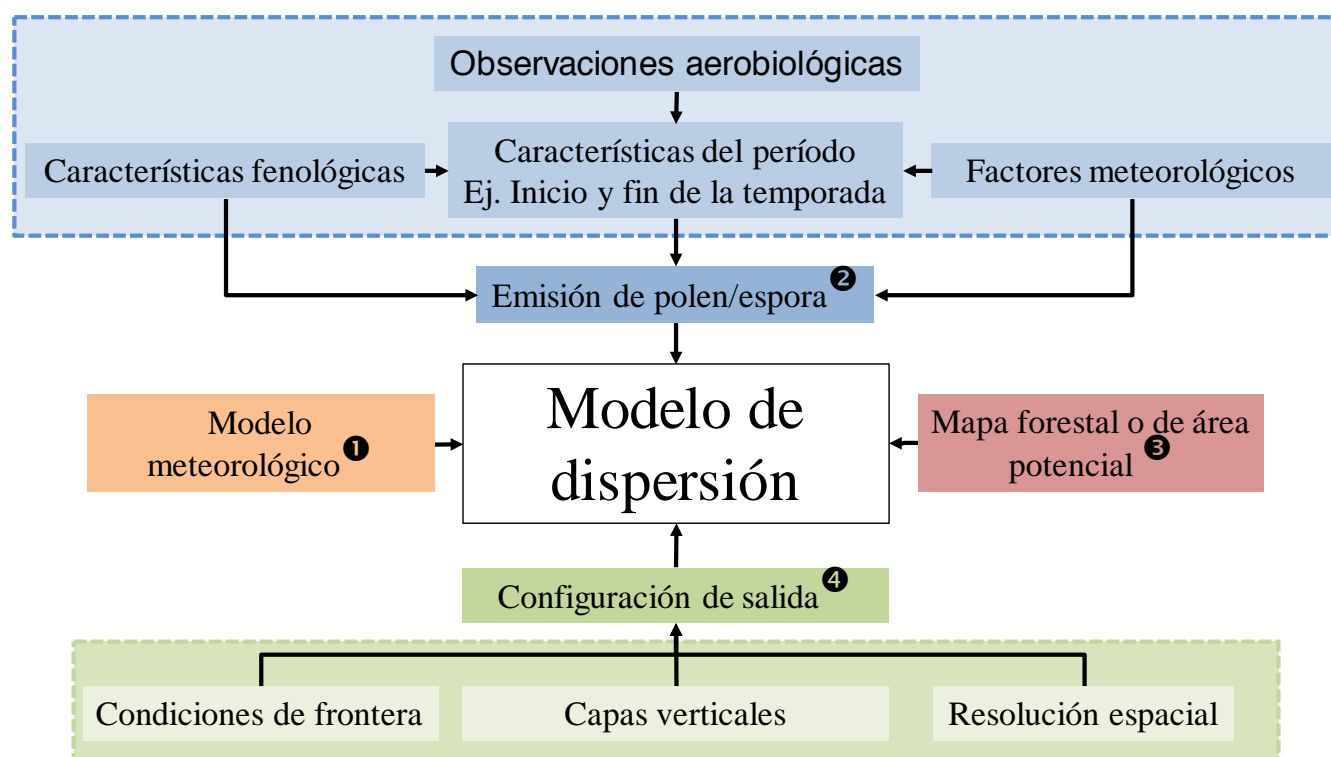


Figura 1.2 – Esquema de los módulos necesarios para el desarrollo de un modelo de dispersión de polen o esporas de hongos.

1.3.1. Módulo ❶: Modelo meteorológico

El módulo meteorológico es un importante componente en la ecuación de los modelos de dispersión. Permite el análisis del movimiento de las masas de aire que incluyen las sustancias o partículas dispersadas, simulando con una alta fiabilidad el transporte a larga distancia (Chen & Dudhia 2001). Adicionalmente, el modelo meteorológico proporciona la información necesaria para poder desarrollar el módulo de emisión. Análisis y discusiones sobre estos modelos pueden ser encontrados en diversas publicaciones (Lorenç 1986, Steppeler *et al.* 2003, Kukkonen *et al.* 2012).

En los modelos de dispersión, el módulo meteorológico puede ser aplicado de dos maneras: mediante sistemas de modelado *Off-line* (también llamados modelos de una vía) o mediante sistemas de modelado *On-line* (o modelos integrados de doble vía). El modelado *Off-line* es utilizado cuando el módulo meteorológico es ejecutado previamente, y su resultado es incorporado posteriormente en el modelo de dispersión. Por el contrario, en el modelado *On-line*, el modelo meteorológico es ejecutado al mismo tiempo que el modelo de dispersión (Grell *et al.* 2005, Baklanov *et al.* 2008, Kukkonen *et al.* 2012). Estas dos metodologías tienen un efecto diferente en la precisión de la simulación del transporte de la partícula. Sofiev *et al.* (2006b) y Kukkonen *et al.* (2012) estimaron que el modelado *On-line* proporciona resultados más consistentes que el *Off-line*, porque el primero permite que todos los campos meteorológicos utilizados en el modelo de dispersión se correspondan con el intervalo de tiempo que se está estudiando en la simulación (ejecución del modelo).

La Figura 1.3 muestra los diferentes modelos meteorológicos ❶ usados en los modelos de dispersión de polen o esporas de hongos. Los más frecuentes son el GDAS (con un 27% del total de trabajos revisados), los procesadores internos (11%), el modelo WRF (8%) y el modelo Eta (7%).

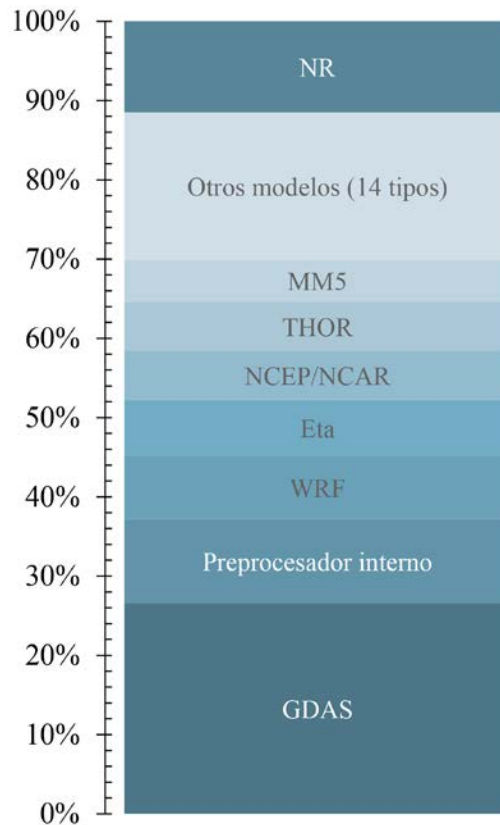


Figura 1.3 – Distribución porcentual de los diferentes modelos meteorológicos aplicados en los modelos de dispersión de polen o esporas de hongos.

1.3.2. Módulo ❷: Emisión de polen/esporas de hongos

El módulo de emisión de polen está basado en varios factores como el inicio y la intensidad de la floración, la densidad del taxon en la zona de estudio (Vogel *et al.* 2008) y/o las variables meteorológicas

(Rempe 1937, Puls 1987, Mullins & Emberlin 1997). Dichos factores pueden ser utilizados en el modelo de dispersión independientemente o, con el objetivo de alcanzar un mayor nivel de aproximación en el modelo, se pueden integrar en una parametrización específica.

Helbig *et al.* (2004) propusieron una parametrización aplicando un algoritmo basado en umbrales de humedad relativa y de velocidad de fricción de las partículas ejercida por el viento que consistía en dos ecuaciones “Heaviside” (cero o uno como un factor multiplicativo). La primera de estas ecuaciones establece la emisión del polen en función de la floración, la cantidad de polen por metro cuadrado (basándose el índice de área foliar) y la velocidad de fricción que ejerce el viento, y está condicionada por el factor meteorológico (K_e). La segunda ecuación calcula la resuspensión del polen dependiendo de la cantidad sedimentada, su velocidad de sedimentación y el factor de flotación, y en este caso está condicionada por el factor de resuspensión (K_r). Esta parametrización se implementó en el modelo “non-hydrostatic mesoscale meteorological model coupled – DRAIS”. Basándose en Helbig *et al.* (2004), Vogel *et al.* (2008), al implementar ésta parametrización al modelo “Consortium for Small Scale Modeling - Aerosols and Reactive Traces Gases - COSMO-ART”, agregaron una nueva variable en el algoritmo, denominada factor de ponderación, mientras que Efstathiou *et al.* (2011), implementaron la misma parametrización de Helbig *et al.* (2004) modificando sólo la forma de calcular el factor K_e , para su posterior incorporación en el modelo “Community Multi-scale Air Quality Model – CMAQ” (Anexo 1.D).

Por otro lado, Sofiev *et al.* (2013b) desarrollaron otra parametrización específica. La predicción de la floración se realizó por medio de un PHM y la emisión mediante el desarrollo de ecuaciones “Heaviside”. En ellas se planteaban las variables de humedad ambiental y tasa de precipitación como un supresor de la emisión, mientras que la velocidad y turbulencia del viento como un promotor de la misma. Esta parametrización se denominó “módulo de emisión de polen del modelo System for integrated modelling of atmospheric composition - SILAM”, puesto que fue desarrollado e implementado en el modelo de dispersión del mismo nombre.

Otra parametrización específica es la desarrollada por Zhang *et al.* (2014) denominada “Simulator of Timing and Magnitude of Pollen Season, STaMPS”. En este caso se desarrolló un algoritmo junto con el modelo MEGAN (*Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature*) y los factores meteorológicos. Esta parametrización establece una cantidad de polen diario disponible para su emisión (emisión potencial) en función de la velocidad de fricción y los valores umbrales del viento. El STaMPS permite establecer la emisión de uno o varios tipos polínicos al mismo tiempo y fue implementada en el modelo de dispersión CMAQ (Anexo 1.D).

En el caso de las esporas de hongos no se ha desarrollado una parametrización específica, a pesar de que McCartney & West (2007) han descrito los procesos de emisión, transporte y deposición que servirán de base para el desarrollo de la parametrización.

Por otro lado y teniendo en cuenta lo complejo que es establecer las parametrizaciones de emisión, algunos estudios de dispersión han reemplazado dichas parametrizaciones por factores de emisión. Estos

factores se calculan específicamente para cada taxon y suelen estar asociados a factores meteorológicos (fricción del viento, precipitación, Anexo 1.D - ❷) y/o fenológicos (°GGD, Anexo 1.D - ❷). En este caso, los factores de emisión presentan un alto grado de incertidumbre, atribuible principalmente al flujo constante de la emisión a lo largo del tiempo.

Finalmente, muchas investigaciones han centrado sus estudios en el cálculo de modelaciones inversas o retrotrayectorias (*Backward*). Éstas representan el trayecto que ha seguido una masa de aire que alcanza una determinada zona (estación de muestreo) en un momento determinado. Su objetivo es explicar la presencia de polen no autóctono, incrementos significativos en las concentraciones de polen antes o después de la época de emisión local o simplemente establecer el origen del polen o esporas de hongos (Skjøth *et al.* 2007, 2009, 2012, Gassmann & Pérez 2006, Stach *et al.* 2007a, Belmonte *et al.* 2008, Smith *et al.* 2008, Šikoparija *et al.* 2009, Veriankaitė *et al.* 2010, Hernández-Ceballos *et al.* 2011a, 2011b, 2014, Izquierdo *et al.* 2011, Kasprzyk *et al.* 2011, Leyronas & Nicot 2013). En estos casos, el módulo de emisión no emplea algoritmos ni ecuaciones de parametrización, sólo se tiene en cuenta los valores de inmisión obtenidas en las estaciones aerobiológicas (NA, *backward* en Anexo 1.D - ❷). La aplicación de esta modelación inversa indica sólo la dirección principal del transporte, sin tener en cuenta, entre otros, los procesos de barrido (disminución de las concentraciones por precipitación o sedimentación) o la mezcla vertical de las masas de aire. Ésto hace complejo o subjetivo el análisis de estas aplicaciones, por lo que sus conclusiones no siempre son claras (Hernández-Ceballos *et al.* 2014).

La Figura 1.4 muestra el porcentaje de uso de los diversos métodos aplicados en el módulo de emisión de polen o esporas de hongos. El 22% del total de estudios han empleado algún tipo de parametrización (módulo de emisión de polen de SILAM: 10%; STaMPS: 7%; basado en Helbig *et al.* (2004): 4%; y otras: 1%). El 10% usaron factores de emisión, mientras que el 67% han desarrollado una modelación inversa (*Backward*).

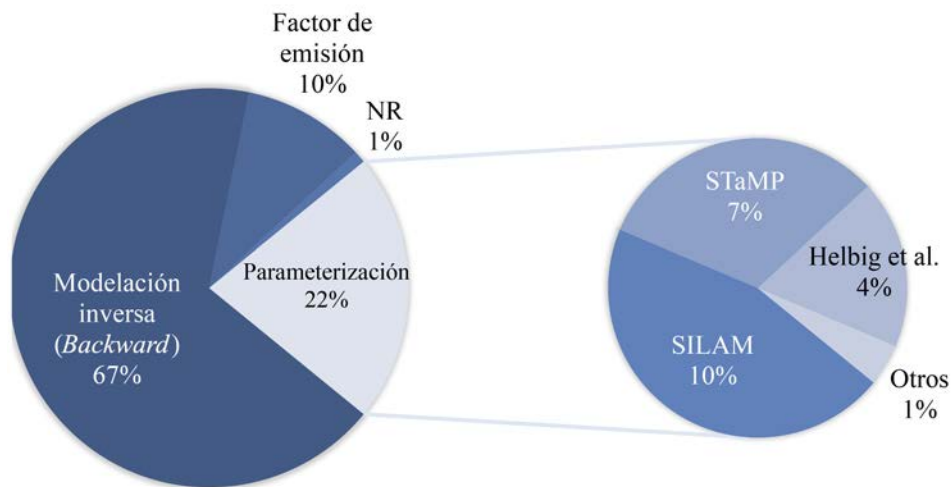


Figura 1.4 – Distribución porcentual de los diferentes módulos de emisión aplicados en los modelos de dispersión de polen o esporas de hongos.

1.3.3. Módulo ③: Fuente área potencial y/o mapa forestal

Para poder establecer las áreas fuentes de emisión de polen y/o esporas de hongos es indispensable conocer las áreas potenciales o, en el caso de polen, las áreas de distribución de las plantas. Esta información está disponible en diferentes escalas como nacional o regional (Simpson *et al.* 1999, Skjøth *et al.* 2007, 2008b). Sin embargo, en muchos casos la información no cubre el área requerida para la modelación de largo alcance (Sofiev *et al.* 2006a, Skjøth *et al.* 2008a). Por ello, se hace necesario una unificación de las diferentes base de datos por medio de los Sistemas de Información Geográfica (GIS), siempre y cuando se tenga presente el grado de incertidumbre generado por las diferentes metodologías, el nivel de detalle en las categorías taxonómicas, y el área empleada en los inventarios (Skjøth *et al.* 2008a). En el caso de las hierbas/arbustos, los mapas o áreas de distribución no están disponibles. Sin embargo, Skjøth *et al.* (2010) propusieron una metodología basándose en las características ecológicas del taxon y en la cobertura del suelo y el recuento anual de polen aerovagante en el área de estudio. Una mayor discusión sobre estas metodologías se presenta en Skjøth *et al.* (2013).

La obtención de mapas donde se muestran las áreas potenciales para esporas de hongos es todavía más compleja. Sin embargo, algunos estudios han simplificado este problema empleando como área potencial de emisión, los campos de cultivos infectados por los patógenos objeto de estudio (Pan *et al.* 2006, Isard *et al.* 2007, 2011, Andrade *et al.* 2009, Tao *et al.* 2009, Prussin 2013, Prussin *et al.* 2013). Es preciso resaltar que una óptima simulación del transporte requiere una correcta localización de las fuentes de emisión, así como una estimación detallada del flujo. Por tanto, los mapas forestales o de área potencial deben obtenerse con la mayor resolución y calidad posible.

En general, para la simulación escalar de la dispersión se emplean una de estas tres ecuaciones: Estadística, Lagrangiana y Euleriana. La ecuación estadística es relativamente simple, calcula la concentración de partículas estableciendo el decaimiento (sedimentación) y dilución (difusión) desde la fuente mediante un escalar tipo curva Gaussiana (Dupont *et al.* 2006). Por otro lado, la ecuación Lagrangiana resuelve la concentración promedio de partículas y su tasa de deposición a partir del cálculo de múltiples trayectorias individuales pseudo-aleatorias (Dupont *et al.* 2006). Finalmente, la ecuación Euleriana estima la concentración media de partículas resolviendo la ecuación de conservación advectiva de flujo turbulento en la celda de simulación (Di-Giovanni *et al.* 1989, McCartney & Lacey 1991, Lakehal 2002, Loos *et al.* 2003).

Kukkonen *et al.* (2012) presentaron un análisis de los diversos modelos empleados en Europa sobre el transporte de contaminantes atmosféricos y sus respectivas ecuaciones. Muchos de estos modelos han sido aplicados o adaptados para la modelación de la dispersión de polen o esporas de hongos, evidenciados en la Tabla 8b de Kukkonen *et al.* (2012) y en el Anexo 1.D del presente capítulo.

La Figura 1.5 muestra la distribución porcentual de modelos de dispersión recopilados en este capítulo. El 67% de los estudios revisados desarrollaron una modelación inversa o por retrotrayectorias o *Backward* (61% polen, 6% esporas de hongos), siendo el “Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model – HYSPLIT” (Draxler & Rolph 2003) el más utilizado con un 56% de los casos,

seguidos de “Atmospheric Chemistry and Deposition – ACDEP” (Hertel *et al.* 1995) con un 7% y SILAM (Sofiev *et al.* s.f., 2006a, 2006b, 2013b) con un 6%. Asimismo, la modelación de la dispersión “hacia adelante” representa el 33% de los estudios (27% polen, 6% esporas de hongos) con un total de 15 modelos. De este último grupo, el más frecuentemente empleado es el CAMQ (Byun & Ching 1999, Byun & Schere 2006) con un 9%, seguido de los modelos COSMO-ART (Vogel *et al.* 2009) y SILAM con 4% cada uno.

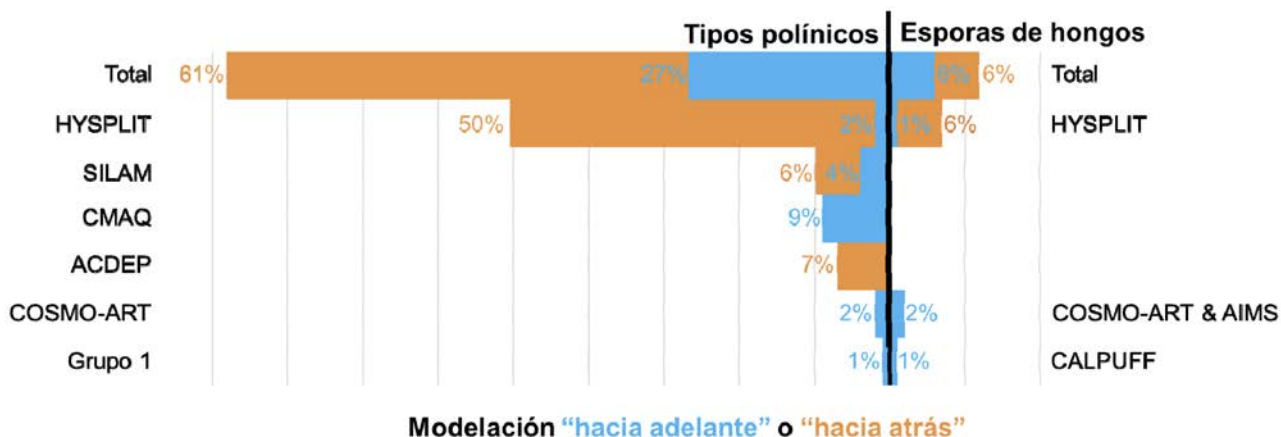


Figura 1.5 – Distribución porcentual por modelos de dispersión atmosféricos de polen (lado izquierdo) y esporas de hongos (lado derecho).

ACDEP: Atmospheric Chemistry and Deposition. **AIMS:** Integrated Aerobiology Modeling System. **CMAQ:** Community Multi-scale Air Quality Model. **COSMO-ART:** Consortium for Small Scale Modeling. **HYSPLIT:** Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model. **SILAM:** System for integrated modelling of atmospheric composition. **Grupo 1:** *CALPUFF*: is an advanced non-steady-state meteorological and air quality modeling system developed by ASG scientists. *CHIRIME*: chemistry-transport model. *DRAIS*: is a non-hydrostatic mesoscale meteorological model coupled with the pollutant dispersion model. *EMEP*: European Monitoring and Evaluation Programme. Eulerian Type diffusion model. *EURAD-IM*: The European Air Pollution and Dispersion—Inverse Model. *LOTOS-EUROS*: Long Term Ozone Simulation - European Operational Smog. *MATCH*: Mesoscale Atmospheric Transport and Chemistry. *METRAS*: Meteorological institute mesoscale model, University of Hamburg. *MOCAGE*: multiscale global chemistry and transport model.

Adicionalmente, el 88% de los estudios se han centrado en polen (Figura 1.5) con un total de 27 tipos polínicos, siendo *Betula* el más modelado (26%), seguido de *Ambrosia* (19%) y *Olea* (8%). Estos altos porcentajes, se pueden atribuir a que estos tipos polínicos se incluyen dentro de los 12 táxones más alergénicos en Europa (WHO 2003, Oswald & Marshall 2008, Burbach *et al.* 2009, Feo *et al.* 2011, Skjøth *et al.* 2013). En el caso de las esporas, con un 12% de los casos (Figura 1.5), se han centrado en seis táxones, siendo las esporas de *Phakopsora* las más modeladas (4%), seguidas de las de *Alternaria* (3%). El posible interés en las esporas de *Phakopsora* se puede atribuir a su efecto patógeno sobre los cultivos de soja (Pan *et al.* 2006, Pfender *et al.* 2006, Isard *et al.* 2007, Skjøth *et al.* 2012, Leyronas & Nicot 2013, Sadyś *et al.* 2014), mientras que las esporas de *Alternaria*, a parte de su interés como patógeno en la agricultura, es reconocido como uno de los aeroalérgenos fúngicos más importantes (D’Amato *et al.* 1997, Bartra *et al.* 2009).

1.4. Conclusión

Los estudios de modelación de polen y esporas de hongos aerovagantes presentan un creciente interés, demostrando la utilidad de estas investigaciones transversales en los diversos campos de aplicación de la aerobiología.

En general, se observa que los modelos predictivos se aplican a un amplio número de parámetros aerobiológicos. Los OBM se han empleado frecuentemente para predecir concentraciones futuras (mayoritariamente concentraciones diarias), los PHM para caracterizar el periodo de floración (frecuentemente en el cálculo del inicio del periodo), mientras los “Otros modelos” se han centrado en establecer estimaciones espaciales en área no monitoreadas.

En cuanto a los modelos predictivos, los PHM concentran una mayor diversidad, pese a que muchos de ellos tienen el mismo fundamento matemático. Adicionalmente, los PHM emplean una menor cantidad de variables independientes (frecuentemente la temperatura) que los OBM (que mayoritariamente emplean temperatura y precipitación). También se observa que los PHM son más sencillos de aplicar que los OBM; no obstante, la complejidad de los criterios de partida en los PHM provoca una menor frecuencia de uso, por lo que aún se requiere una mayor discusión para concertar estos criterios.

Por otro lado, el número de modelos de dispersión aplicados es significativamente menor que el de modelos predictivos. Esto se puede atribuir principalmente a los altos requerimientos técnico-científicos necesarios para su desarrollo, donde la mayor limitación es establecer el flujo y fuente de emisión. Estas limitaciones causan mayor grado de incertidumbre en la simulación.

1.5. Referencias bibliográficas

- Aboulaich N, Achmakh L, Bouziane H, Trigo MM, Recio M, Kadiri M, Cabezudo B, Riadi H, & Kazzaz M (2013) Effect of meteorological parameters on Poaceae pollen in the atmosphere of Tetouan (NW Morocco). *Int J Biometeorol* 57:197–205. doi: 10.1007/s00484-012-0566-2
- Aguilera F, Orlandi F, Ruiz L, Galán C, García-Mozo H, Bonofiglio T, Oteros J, Díaz de la Guardia C, Trigo MM, Pérez R, & Fornaciari M (2013) La floración del olivo (*Olea europea L.*) como elemento bioindicador de cambios en el clima mediterráneo: análisis preliminar. In: *Actas Simposio Expoliva*. Jaen, España, pp 1–8
- Alba F, Nieto-Lugilde D, Comtois P, Díaz de la Guardia C, De Linares C, & Ruiz L (2006) Airborne-pollen map for *Olea europaea L.* in eastern Andalusia (Spain) using GIS: Estimation models. *Aerobiologia* 22:109–118. doi: 10.1007/s10453-006-9024-0
- 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 Cordoba, South-western Spain, and possible implications on pollen allergy. *J Invest Allergol Clin Immunol* 14:238–243.
- Andersen TB (1991) A model to predict the beginning of the pollen season. *Grana* 30:269–275. doi: 10.1080/00173139109427810
- Andrade D, Pan Z, Dannevik W, & Zidek J (2009) Modeling soybean rust spore escape from infected canopies: model description and preliminary results. *J Appl Meteor Climatol* 48:789–803. doi: 10.1175/2008JAMC1917.1

- Astray G, Rodríguez-Rajo FJ, Ferreiro-Lage JA, Fernández-González M, Jato V, & Mejuto JC (2010) The use of artificial neural networks to forecast biological atmospheric allergens or pathogens only as *Alternaria* spores. *J Environ Monit* 12:2145–2152. doi: 10.1039/C0EM00248H
- Aylor DE (1999) Biophysical scaling and the passive dispersal of fungus spores: relationship to integrated pest management strategies. *Agric For Meteorol* 97:275–292. doi: 10.1016/S0168-1923(99)00072-6
- Baklanov A, Fay B, Kaminski J, Sokhi R, Pechinger U, De Ridder K, Delcloc A, Smith Korsholm U, Gross A, Männik A, Kaasik M, Sofiev M, Reimer E, Schlünzen H, Tombrou M, Bossioli E, Finardi S, Maurizi A, Castelli ST, Finzi G, Carnevale C, Pisoni E, Volta M, Struzewska J, Kaszowski W, Godlowska J, Rozwoda W, Miranda AI, San José R, Persson C, Foltescu V, Clappier A, Athanassiadou M, Craig Hort M, Jones A, Vogel H, Suppan P, Yu Y, Chemel C, Hu R-M, Grell GA, Schere KL, Manins P, & Flemming J (2008) Overview of existing integrated (off-line and on-line) mesoscale meteorological and chemical transport modelling systems in Europe. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland
- Bartra J, Belmonte J, Torres-Rodríguez JM, & Cistero-Bahima A (2009) Sensitization to *Alternaria* in patients with respiratory allergy. *Front Biosci* 14:3372–3379. doi: 10.2741/3459
- Belmonte J, Alarcón M, Avila A, Scialabba E, & Pino D (2008) Long-range transport of beech (*Fagus sylvatica* L.) pollen to Catalonia (north-eastern Spain). *Int J Biometeorol* 52:675–687. doi: 10.1007/s00484-008-0160-9
- Belmonte J, & Canela MA (2002) Modelling aerobiological time series. Application to Urticaceae. *Aerobiologia* 18:287–295. doi: 10.1023/A:1021323610112
- Belmonte J, Vendrell M, Roure JM, Vidal J, Botey J, & Cadahía À (2000) Levels of *Ambrosia* pollen in the atmospheric spectra of Catalan aerobiological stations. *Aerobiologia* 16:93–99. doi: 10.1023/A:1007649427549
- Blanco C, De Santos B, & Romero F (2006) Relationship between concentrations of *Botrytis Cinerea* conidia in air, environmental conditions, and the incidence of grey mould in strawberry flowers and fruits. *Eur J Plant Pathol* 114:415–425. doi: 10.1007/s10658-006-0007-3
- Breton MC, Garneau M, Fortier I, Guay F, & Louis J (2006) Relationship between climate, pollen concentrations of *Ambrosia* and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994–2002. *Sci Total Environ* 370:39–50. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.05.022
- Bringfelt P (1979) Studies of pollen concentration in Stockholm and weatherdata. In: 1st Int. Conf. Aerobiol. Proc. (Ed AW Frankland, E. Stix & H. Ziegler), München, pp 12–24
- Brown JKM, & Hovmøller MS (2002) Aerial dispersal of pathogens on the global and continental scales and its impact on plant disease. *Science* 297:537–541. doi: 10.1126/science.1072678
- Burbach GJ, Heinzerling LM, Röhnelt C, Bergmann K-C, Behrendt H, & Zuberbier T (2009) Ragweed sensitization in Europe – GA2LEN study suggests increasing prevalence. *Allergy* 64:664–665. doi: 10.1111/j.1398-9995.2009.01975.x
- Byun D, & Schere KL (2006) Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modeling system. *Appl Mech Rev* 59:51–77. doi: 10.1115/1.2128636
- Byun DW, & Ching JKS (1999) Science algorithms of the EPA Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modeling system. US EPA, Research Triangle Park, NC
- Cabezudo B, Recio M, Sánchez-Laulhé JM, Trigo MM, Toro FJ, & Polvorinos F (1997) Atmospheric transportation of marijuana pollen from North Africa to the Southwest of Europe. *Atmos Environ* 31:3323–3328. doi: 10.1016/S1352-2310(97)00161-1
- Cecchi L (2013) Introduction. In: Sofiev M, & Bergmann K-C (eds) *Allergenic Pollen*, 1st edn. Springer Netherlands, New York, London, pp 1–7
- Cecchi L, Torrigiani TM, Albertini R, Zanca M, Ridolo E, Usberti I, Morabito M, Dall’ PA, & Orlandini S (2007) The contribution of long-distance transport to the presence of *Ambrosia* pollen in central northern Italy. *Aerobiologia* 23:145–151. doi: 10.1007/s10453-007-9060-4

- Chen F, & Dudhia J (2001) Coupling and advanced land surface–hydrology model with the Penn State–NCAR MM5 Modeling system. Part I: model implementation and sensitivity. *Mon Wea Rev* 129:569–585. doi: 10.1175/1520-0493(2001)129<0569:CAALSH>2.0.CO;2
- Chuine I (2000) A unified model for budburst of trees. *J Theor Biol* 207:337–347. doi: 10.1006/jtbi.2000.2178
- Chuine I, & Belmonte J (2004) Improving prophylaxis for pollen allergies: predicting the time course of the pollen load of the atmosphere of major allergenic plants in France and Spain. *Grana* 43:65–80. doi: 10.1080/00173130410019163
- Chuine I, Belmonte J, & Mignot A (2000) A modelling analysis of the genetic variation of phenology between tree populations. *J Ecol* 88:561–570. doi: 10.1046/j.1365-2745.2000.00468.x
- Chuine I, Cour P, & Rousseau DD (1998) Fitting models predicting dates of flowering of temperate-zone trees using simulated annealing. *Plant Cell Environ* 21:455–466. doi: 10.1046/j.1365-3040.1998.00299.x
- Corden JM, & Millington WM (2001) The long-term trends and seasonal variation of the aeroallergen *Alternaria* in Derby, UK. *Aerobiologia* 17:127–136. doi: 10.1023/A:1010876917512
- Corden JM, Millington WM, & Mullins J (2003) Long-term trends and regional variation in the aeroallergen *Alternaria* in Cardiff and Derby UK – are differences in climate and cereal production having an effect? *Aerobiologia* 19:191–199. doi: 10.1023/B:AERO.0000006529.51252.2f
- Cox CS, & Wathes CM (1995) *Bioaerosols Handbook*. CRC Press, New York
- Cunha M, Abreu I, Pinto P, & Castro R (2003) Airborne pollen samples for early-season estimates of wine production in a Mediterranean climate area of northern Portugal. *Am J Enol Vitic* 54:189–194.
- D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, Liccardi G, Popov T, & Van Cauwenberge P (2007) Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 62:976–990. doi: 10.1111/j.1398-9995.2007.01393.x
- D'Amato G, Chatzigeorgiou G, Corsico R, Gioulekas D, Jäger L, Jäger S, Kontou-Fili K, Kouridakis S, Liccardi G, Meriggi A, Palma-Carlos A, Palma-Carlos ML, Aleman AP, Parmiani S, Puccinelli P, Russo M, Spieksma FTM, Torricelli R, & Wüthrich B (1997) Evaluation of the prevalence of skin prick test positivity to *Alternaria* and *Cladosporium* in patients with suspected respiratory allergy. *Allergy* 52:711–716. doi: 10.1111/j.1398-9995.1997.tb01227.x
- D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, & Cazzola M (2002) Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *Eur Respir J* 20:763–776. doi: 10.1183/09031936.02.00401402
- D'Amato G, Spieksma FTM, Liccardi G, Jäger S, Russo M, Kontou-Fili K, Nikkels H, Wüthrich B, & Bonini S (1998) Pollen-related allergy in Europe*. *Allergy* 53:567–578. doi: 10.1111/j.1398-9995.1998.tb03932.x
- Damialis A, Mohammad AB, Halley JM, & Gange AC (2015a) Fungi in a changing world: growth rates will be elevated, but spore production may decrease in future climates. *Int J Biometeorol* 59:1157–1167. doi: 10.1007/s00484-014-0927-0
- Damialis A, Vokou D, Gioulekas D, & Halley JM (2015b) Long-term trends in airborne fungal-spore concentrations: a comparison with pollen. *Fungal Ecol* 13:150–156. doi: 10.1016/j.funeco.2014.09.010
- Davies RR, & Smith LP (1973) Forecasting the start and severity of the hay fever season. *Clin Exp Allergy* 3:263–267. doi: 10.1111/j.1365-2222.1973.tb01332.x
- De Linares C, Belmonte J, Canela M, Díaz de la Guardia C, Alba-Sanchez F, Sabariego S, & Alonso-Pérez S (2010) Dispersal patterns of *Alternaria* conidia in Spain. *Agric For Meteorol* 150:1491–1500. doi: 10.1016/j.agrformet.2010.07.004
- De Linares C, Delgado R, Aira MJ, Alcázar P, Alonso-Pérez S, Boi M, Cariñanos P, Cuevas E, Díaz de la Guardia C, Elvira-Rendueles B, Fernández-González D, Galán C, Gutiérrez-Bustillo AM, Pérez-Badia R, Rodríguez-Rajo FJ, Ruíz-Valenzuela L, Tormo-Molina R, Trigo MM, Valencia-Barrera RM, Valle A, & Belmonte J (2017) Changes in the Mediterranean pine forest: pollination patterns and annual trends of airborne pollen. *Aerobiologia* 1–17. doi: 10.1007/s10453-017-9476-4
- Decognet V, Bardin M, Trotin-Caudal Y, & Nicot PC (2009) Rapid change in the genetic diversity of *Botrytis cinerea* populations after the introduction of strains in a tomato glasshouse. *Phytopathology* 99:185–193. doi: 10.1094/PHYTO-99-2-0185

- DellaValle CT, Triche EW, & Bell ML (2012) Spatial and temporal modeling of daily pollen concentrations. *Int J Biometeorol* 56:183–194. doi: 10.1007/s00484-011-0412-y
- Després VR, Huffman JA, Burrows SM, Hoose C, Safatov AS, Buryak G, Fröhlich-Nowoisky J, Elbert W, Andreae MO, Pöschl U, & Jaenicke R (2012) Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. *Tellus B* 64:15598. doi: 10.3402/tellusb.v64i0.15598
- Díaz de la Guardia C, Alba F, Trigo MM, Galán C, Ruíz L, & Sabariego S (2003) Aerobiological analysis of *Olea europaea* L. pollen in different localities of southern Spain. *Grana* 42:234–243. doi: 10.1080/00173130310016455
- Di-Giovanni F, Beckett PM, & Flenley JR (1989) Modelling of dispersion and deposition of tree pollen within a forest canopy. *Grana* 28:129–139. doi: 10.1080/00173138909429964
- Draxler RR, & Rolph GD (2003) HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) model access via NOAA ARL READY website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring. NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD
- Dupont S, Brunet Y, & Jarosz N (2006) Eulerian modelling of pollen dispersal over heterogeneous vegetation canopies. *Agric For Meteorol* 141:82–104. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.09.004
- Durand R (1967) Action de la température et du rayonnement sur la croissance. *Ann Physiol Vég* 9:5–27.
- Efstathiou C, Isukapalli S, & Georgopoulos P (2011) A mechanistic modeling system for estimating large-scale emissions and transport of pollen and co-allergens. *Atmos Environ* 45:2260–2276. doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.12.008
- Emberlin J (1994) The effects of patterns in climate and pollen abundance on allergy. *Allergy* 49:15–20. doi: 10.1111/j.1398-9995.1994.tb04233.x
- Emberlin J, Detandt M, Gehrig R, Jaeger S, Nolard N, & Rantio-Lehtimäki A (2002) Responses in the start of *Betula* (birch) pollen seasons to recent changes in spring temperatures across Europe. *Int J Biometeorol* 46:159–170. doi: 10.1007/s00484-002-0139-x
- Emberlin J, Jaeger S, Dominguez-Vilches E, Galán C, Hodal L, Mandrioli P, Lehtimäki AR, Savage M, Spieksma FT, & Bartlett C (2000) Temporal and geographical variations in grass pollen seasons in areas of western Europe: an analysis of season dates at sites of the European pollen information system. *Aerobiologia* 16:373–379. doi: 10.1023/A:1026521331503
- Emberlin J, Mullins J, Corden J, Millington W, Brooke M, Savage M, & Jones S (1997) The trend to earlier birch pollen seasons in the U.K.: A biotic response to changes in weather conditions? *Grana* 36:29–33. doi: 10.1080/00173139709362586
- Erdtman G (1931) Pollen-Statistics: A New Research Method in Paleo-Ecology.
- Erdtman G (1935) Pollen statistics. In: *Pollen Grains*. McGraw Hill Book Co., New York., p 110125
- Feo FB, Gimeno PM, Carnés J, Martín R, Fernández-Caldas E, Lara P, López-Fidalgo J, & Guerra F (2011) *Olea europaea* pollen counts and aeroallergen levels predict clinical symptoms in patients allergic to olive pollen. *Ann Allerg Asthma Im* 106:146–152. doi: 10.1016/j.anai.2010.11.003
- Fernández-González M, Rodríguez-Rajo FJ, Jato V, Escuredo O, & Aira MJ (2011) Estimation of yield “Loureira” variety with an aerobiological and phenological model. *Grana* 50:63–72. doi: 10.1080/00173134.2011.561871
- Fernández-Llamazares Á, Belmonte J, Delgado R, & De Linares C (2014) A statistical approach to bioclimatic trend detection in the airborne pollen records of Catalonia (NE Spain). *Int J Biometeorol* 58:371–382. doi: 10.1007/s00484-013-0632-4
- Fitter AH, & Fitter RSR (2002) Rapid changes in flowering time in british plants. *Science* 296:1689–1691. doi: 10.1126/science.1071617
- Fornaciari M, Orlandi F, & Romano B (2005) Yield forecasting for olive trees. *Agron J* 97:1537. doi: 10.2134/agronj2005.0067
- Fornaciari M, Pieroni L, Ciuchi P, & Romano B (1998) A regression model for the start of the pollen season in *Olea europaea*. *Grana* 37:110–113. doi: 10.1080/00173139809362652

- Fornaciari M, Pieroni L, Orlandi F, & Romano B (2002) A new approach to consider the pollen variable in forecasting yield models. *Econ Bot* 56:66–72. doi: 10.1663/0013-0001(2002)056[0066:ANATCT]2.0.CO;2
- Frei T (1998) The effects of climate change in Switzerland 1969–1996 on airborne pollen quantities from hazel, birch and grass. *Grana* 37:172–179. doi: 10.1080/00173139809362662
- Frenguelli G (2002) Interactions between climatic changes and allergenic plants. *Arch Chest Dis* 57:141–143.
- Galán C, Cariñanos P, García-Mozo H, Alcázar P, & Domínguez-Vilches E (2001) Model for forecasting *Olea europaea* L. airborne pollen in South-West Andalusia, Spain. *Int J Biometeorol* 45:59–63. doi: 10.1007/s004840100089
- Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, & Domínguez-Vilches E (2008) Modeling olive crop yield in andalusia, Spain. *Agron J* 100:98. doi: 10.2134/agrojn12006.0345
- Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, & Trigo MM (2005) Heat requirement for the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *Int J Biometeorol* 49:184–188. doi: 10.1007/s00484-004-0223-5
- Galán C, Vázquez L, García-Mozo H, & Domínguez E (2004) Forecasting olive (*Olea europaea*) crop yield based on pollen emission. *Field Crops Res* 86:43–51. doi: 10.1016/S0378-4290(03)00170-9
- García-Mozo H, Galán C, Aira MJ, Belmonte J, Díaz de la Guardia C, Fernández D, Gutierrez AM, Rodriguez FJ, Trigo MM, & Dominguez-Vilches E (2002) Modelling start of oak pollen season in different climatic zones in Spain. *Agric For Meteorol* 110:247–257. doi: 10.1016/S0168-1923(02)00003-5
- García-Mozo H, Galan C, Gomez-Casero MT, & Dominguez E (2000) A comparative study of different temperature accumulation methods for predicting the start of the *Quercus* pollen season in Cordoba (South West Spain). *Grana* 39:194–199. doi: 10.1080/00173130051084322
- 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, & Dominguez-Vilches E (2006) *Quercus* pollen season dynamics in the Iberian Peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change. *Ann Agric Environ Med* 13:209.
- García-Mozo H, Gómez-Casero MT, Domínguez E, & Galán C (2007) Influence of pollen emission and weather-related factors on variations in holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) acorn production. *Environ Exp Bot* 61:35–40. doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.02.009
- García-Mozo H, Orlandi F, Galan C, Fornaciari M, Romano B, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, Trigo MM, & Chuine I (2009) Olive flowering phenology variation between different cultivars in Spain and Italy: modeling analysis. *Theor Appl Climatol* 95:385–395. doi: 10.1007/s00704-008-0016-6
- García-Mozo H, Yaezel L, Oteros J, & Galán C (2014) Statistical approach to the analysis of olive long-term pollen season trends in southern Spain. *Sci Total Environ* 473–474:103–109. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.142
- Gassmann MI, & Pérez CF (2006) Trajectories associated to regional and extra-regional pollen transport in the southeast of Buenos Aires province, Mar del Plata (Argentina). *Int J Biometeorol* 50:280–291. doi: 10.1007/s00484-005-0021-8
- Goldstein S (1960) Degradation of pollen by phycomycetes. *Ecology* 41:543–545. doi: 10.2307/1933329
- Gregory PH (1961) *The microbiology of the atmosphere*. Interscience Publisher, INC., New York
- Grell GA, Peckham SE, Schmitz R, McKeen SA, Frost G, Skamarock WC, & Eder B (2005) Fully coupled “online” chemistry within the WRF model. *Atmos Environ* 39:6957–6975. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.04.027
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2008a) Artificial neural network models of relationships between *Alternaria* spores and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 52:859–868. doi: 10.1007/s00484-008-0182-3
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2008b) Artificial neural network models of relationships between *Cladosporium* spores and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Grana* 47:305–315. doi: 10.1080/00173130802513784
- Grinn-Gofroń A, Strzelczak A, & Wolski T (2011) The relationships between air pollutants, meteorological parameters and concentration of airborne fungal spores. *Environmental Pollution* 159:602–608. doi: 10.1016/j.envpol.2010.10.002
- Hasnain SM, Akhter T, & Waqar MA (2012) Airborne and allergenic fungal spores of the Karachi environment and their correlation with meteorological factors. *J Environ Monit* 14:1006–1013. doi: 10.1039/C2EM10545D

- Helbig N, Vogel B, Vogel H, & Fiedler F (2004) Numerical modelling of pollen dispersion on the regional scale. *Aerobiologia* 20:3–19. doi: 10.1023/B:AERO.0000022984.51588.30
- Hernández-Ceballos MA, García-Mozo H, Adame JA, Domínguez-Vilches E, Bolívar JP, De la Morena BA, Pérez-Badía R, & Galán C (2011a) Determination of potential sources of *Quercus* airborne pollen in Córdoba city (southern Spain) using back-trajectory analysis. *Aerobiologia* 27:261–276. doi: 10.1007/s10453-011-9195-1
- Hernández-Ceballos MA, García-Mozo H, Adame JA, Domínguez-Vilches E, De la Morena BA, Bolívar JP, & Galán C (2011b) Synoptic and meteorological characterisation of olive pollen transport in Córdoba province (south-western Spain). *Int J Biometeorol* 55:17–34. doi: 10.1007/s00484-010-0306-4
- Hernández-Ceballos MA, Soares J, García-Mozo H, Sofiev M, Bolívar JP, & Galán C (2014) Analysis of atmospheric dispersion of olive pollen in southern Spain using SILAM and HYSPLIT models. *Aerobiologia* 30:239–255. doi: 10.1007/s10453-013-9324-0
- Hertel O, Christensen J, Runge EH, Asman WAH, Berkowicz R, Hovmand MF, & Hov Ø (1995) Development and testing of a new variable scale air pollution model—ACDEP. *Atmos Environ* 29:1267–1290. doi: 10.1016/1352-2310(95)00067-9
- Isard SA, Barnes CW, Hambleton S, Ariatti A, Russo JM, Tenuta A, Gay DA, & Szabo LJ (2011) Predicting soybean rust incursions into the North American continental interior using crop monitoring, spore trapping, and aerobiological modeling. *Plant Dis* 95:1346–1357. doi: 10.1094/PDIS-01-11-0034
- Isard SA, Russo JM, & Ariatti A (2007) The Integrated aerobiology modeling system applied to the spread of soybean rust into the Ohio River valley during September 2006. *Aerobiologia* 23:271–282. doi: 10.1007/s10453-007-9073-z
- Izquierdo R, Belmonte J, Avila A, Alarcón M, Cuevas E, & Alonso-Pérez S (2011) Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands). *Int J Biometeorol* 55:67–85. doi: 10.1007/s00484-010-0309-1
- Kanchan S, & Jayachandra C (1980) Pollen Allelopathy—a New Phenomenon. *New Phytol* 84:739–746. doi: 10.1111/j.1469-8137.1980.tb04786.x
- Kasprzyk I, Myszkowska D, Grewling Ł, Stach A, Šikoparija B, Skjøth CA, & Smith M (2011) The occurrence of *Ambrosia* pollen in Rzeszów, Kraków and Poznań, Poland: investigation of trends and possible transport of *Ambrosia* pollen from Ukraine. *Int J Biometeorol* 55:633–644. doi: 10.1007/s00484-010-0376-3
- Khwarahm N, Dash J, Atkinson PM, Newnham RM, Skjøth CA, Adams-Groom B, Caulton E, & Head K (2014) Exploring the spatio-temporal relationship between two key aeroallergens and meteorological variables in the United Kingdom. *Int J Biometeorol* 58:529–545. doi: 10.1007/s00484-013-0739-7
- Kizilpınar I, Civelek E, Tuncer A, Dogan C, Karabulut E, Sahiner UM, Yavuz ST, & Sackesen C (2011) Pollen counts and their relationship to meteorological factors in Ankara, Turkey during 2005–2008. *Int J Biometeorol* 55:623–631. doi: 10.1007/s00484-010-0363-8
- Kukkonen J, Olsson T, Schultz DM, Baklanov A, Klein T, Miranda AI, Monteiro A, Hirtl M, Tarvainen V, Boy M, Peuch V-H, Poupkou A, Kioutsioukis I, Finardi S, Sofiev M, Sokhi R, Lehtinen KEJ, Karatzas K, San José R, Astitha M, Kallos G, Schaap M, Reimer E, Jakobs H, & Eben K (2012) A review of operational, regional-scale, chemical weather forecasting models in Europe. *Atmos Chem Phys* 12:1–87. doi: 10.5194/acp-12-1-2012
- Kuparinen A, Markkanen T, Riihonen H, & Vesala T (2007) Modeling air-mediated dispersal of spores, pollen and seeds in forested areas. *Ecol Model* 208:177–188. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.05.023
- Kurup VP, Shen H-D, & Vijay H (2002) Immunobiology of fungal allergens. *Int Arch Allergy Immunol* 129:181–188. doi: 10.1159/000066780
- Laaidi M (2001a) Forecasting the start of the pollen season of Poaceae: evaluation of some methods based on meteorological factors. *Int J Biometeorol* 45:1–7. doi: 10.1007/s004840000079
- Laaidi M (2001b) Regional variations in the pollen season of *Betula* in Burgundy: two models for predicting the start of the pollination. *Aerobiologia* 17:247–254. doi: 10.1023/A:1011899603453

- Laaidi M, Thibaudon M, & Besancenot J-P (2003) Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the area of Lyon (France). *Int J Biometeorol* 48:65–73. doi: 10.1007/s00484-003-0182-2
- Lakehal D (2002) On the modelling of multiphase turbulent flows for environmental and hydrodynamic applications. *Int J Multiphas Flow* 28:823–863. doi: 10.1016/S0301-9322(01)00086-6
- Leyronas C, & Nicot PC (2013) Monitoring viable airborne inoculum of *Botrytis cinerea* in the South-East of France over 3 years: relation with climatic parameters and the origin of air masses. *Aerobiologia* 29:291–299. doi: 10.1007/s10453-012-9280-0
- Linkosalo T, Lappalainen HK, & Hari P (2008) A comparison of phenological models of leaf bud burst and flowering of boreal trees using independent observations. *Tree Physiol* 28:1873–1882. doi: 10.1093/treephys/28.12.1873
- Lletjos R, Bartroli R, Esteban A, Riera S, & Coll CR (1993) Forecasting hazelnut (*Corylus avellana* L.) crop production based on monitoring airborne pollen concentration. In: IV International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering. IVIA, Valencia-Zaragoza, Spain, p 172
- Loos C, Seppelt R, Meier-Bethke S, Schiemann J, & Richter O (2003) Spatially explicit modelling of transgenic maize pollen dispersal and cross-pollination. *J Theor Biol* 225:241–255. doi: 10.1016/S0022-5193(03)00243-1
- Lorenc AC (1986) Analysis methods for numerical weather prediction. *Q J R Meteorol Soc* 112:1177–1194. doi: 10.1002/qj.49711247414
- Mahura AG, Korsholm US, Baklanov AA, & Rasmussen A (2007) Elevated birch pollen episodes in Denmark: contributions from remote sources. *Aerobiologia* 23:171–179. doi: 10.1007/s10453-007-9061-3
- Mandrioli P, Marletto V, Sirotti M, Puppi G, & Zanotti A (1993) A forecast model for hazel (*Corylus*) and chestnut (*Castanea*) pollen emission. *Allergie et immunologie* 25:141–144.
- McCartney A, & West J (2007) Dispersal of fungal spores through the air. In: Dijksterhuis J, & Samson RA (eds) *Food Mycology*, 1st edn. CRC Press, pp 65–81
- McCartney HA, & Lacey ME (1991) Wind dispersal of pollen from crops of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J Aerosol Sci* 22:467–477. doi: 10.1016/0021-8502(91)90005-3
- Millington WM, & Corden JM (2005) Long term trends in outdoor *Aspergillus/Penicillium* spore concentrations in Derby, UK from 1970 to 2003 and a comparative study in 1994 and 1996 with the indoor air of two local houses. *Aerobiologia* 21:105–113. doi: 10.1007/s10453-005-4180-1
- Mullins J, & Emberlin J (1997) Sampling pollens. *J Aerosol Sci* 28:365–370. doi: 10.1016/S0021-8502(96)00439-9
- Nurminiemi M, Tufto J, Nilsson N-O, & Rognli OA (1998) Spatial models of pollen dispersal in the forage grass meadow fescue. *Evol Ecol* 12:487–502. doi: 10.1023/A:1006529023036
- Oliveira M, Guerner-Moreira J, Mesquita MM, & Abreu I (2009a) Important phytopathogenic airborne fungal spores in a rural area: Incidence of *Botrytis cinerea* and *Oidium* spp. *Ann Agric Environ Med* 16:197–204.
- Oliveira M, Ribeiro H, Delgado JL, & Abreu I (2009b) The effects of meteorological factors on airborne fungal spore concentration in two areas differing in urbanisation level. *Int J Biometeorol* 53:61–73. doi: 10.1007/s00484-008-0191-2
- Orlandi F, Fornaciari M, & Romano B (2002) The use of phenological data to calculate chilling units in *Olea europaea* L. in relation to the onset of reproduction. *Int J Biometeorol* 46:2–8. doi: 10.1007/s00484-001-0108-9
- Orlandi F, Sgromo C, Bonofiglio T, Ruga L, Romano B, & Fornaciari M (2010) Yield modelling in a Mediterranean species utilizing cause–effect relationships between temperature forcing and biological processes. *Sci Hortic* 123:412–417. doi: 10.1016/j.scienta.2009.09.015
- Oswalt ML, & Marshall GD (2008) Ragweed as an example of worldwide allergen expansion. *Allergy Asthma Clin Immunol* 4:130. doi: 10.1186/1710-1492-4-3-130
- Pan Z, Yang XB, Pivonia S, Xue L, Pasken R, & Roads J (2006) Long-term prediction of soybean rust entry into the continental United States. *Plant Dis* 90:840–846. doi: 10.1094/PD-90-0840
- Pasken R, & Pietrowicz JA (2005) Using dispersion and mesoscale meteorological models to forecast pollen concentrations. *Atmos Environ* 39:7689–7701. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.04.043

- Pfender W, Graw R, Bradley W, Carney M, & Maxwell L (2007) Emission rates, survival, and modeled dispersal of viable pollen of Creeping Bentgrass. *Crop Sci* 47:2529. doi: 10.2135/cropsci2007.01.0030
- Pfender W, Graw R, Bradley W, Carney M, & Maxwell L (2006) Use of a complex air pollution model to estimate dispersal and deposition of grass stem rust urediniospores at landscape scale. *Agric For Meteorol* 139:138–153. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.06.007
- Pöschl U (2005) Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects. *Angew Chem Int Ed* 44:7520–7540. doi: 10.1002/anie.200501122
- Poska A, & Pidek IA (2010) Pollen dispersal and deposition characteristics of *Abies alba*, *Fagus sylvatica* and *Pinus sylvestris*, Roztocze region (SE Poland). *Veget Hist Archaeobot* 19:91–101. doi: 10.1007/s00334-009-0230-x
- Prank M, Chapman DS, Bullock JM, Belmonte J, Berger U, Dahl A, Jäger S, Kovtunen I, Magyar D, Niemelä S, Rantio-Lehtimäki A, Rodinkova V, Sauliene I, Severova E, Sikoparija B, & Sofiev M (2013) An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe. *Agric For Meteorol* 182–183:43–53. doi: 10.1016/j.agrformet.2013.08.003
- Prospero JM, Blades E, Mathison G, & Naidu R (2005) Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia* 21:1–19. doi: 10.1007/s10453-004-5872-7
- Prussin AJ (2013) Monitoring and predicting the long distance transport of *Fusarium graminearum*, causal agent of *Fusarium* head blight in Wheat and Barley. Doctor of Philosophy in Plant Pathology, Physiology, and Weed Science, Virginia Polytechnic Institute and State University
- Prussin AJ, Szanyi NA, Welling PI, Ross SD, & Schmale DG (2013) Estimating the Production and Release of Ascospores from a Field-Scale Source of *Fusarium graminearum* Inoculum. *Plant Dis* 98:497–503. doi: 10.1094/PDIS-04-13-0404-RE
- Puc M (2012) Artificial neural network model of the relationship between *Betula* pollen and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 56:395–401. doi: 10.1007/s00484-011-0446-1
- Puls KE (1987) Der Einfluß von Witterung und Wetter auf Blütenanlage, Pollenfreisetzung und Pollenflug. In: Stiftung Deutscher Polleninformatiionsdienst (Hrsg.). pp 27–47
- Ranta H, Kubin E, Siljamo P, Sofiev M, Linkosalo T, Oksanen A, & Bondestam K (2006) Long distance pollen transport cause problems for determining the timing of birch pollen season in Fennoscandia by using phenological observations. *Grana* 45:297–304. doi: 10.1080/00173130600984740
- Rasmussen A (2002) The effects of climate change on the birch pollen season in Denmark. *Aerobiologia* 18:253–265. doi: 10.1023/A:1021321615254
- Raynor GS, & Hayes JV (1970) Experimental prediction of daily ragweed concentration. *Ann Allergy* 28:580–585.
- Recio M, Trigo MM, Docampo S, Melgar M, García-Sánchez J, Bootello L, & Cabezudo B (2012) Analysis of the predicting variables for daily and weekly fluctuations of two airborne fungal spores: *Alternaria* and *Cladosporium*. *Int J Biometeorol* 56:983–991. doi: 10.1007/s00484-011-0509-3
- Rempe H (1937) Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. *Planta* 27:93–147. doi: 10.1007/BF01939376
- Ribeiro H, Cunha M, & Abreu I (2003) Airborne pollen concentration in the region of Braga, Portugal, and its relationship with meteorological parameters. *Aerobiologia* 19:21–27. doi: 10.1023/A:1022620431167
- Ribeiro H, Cunha M, & Abreu I (2007) Improving early-season estimates of olive production using airborne pollen multi-sampling sites. *Aerobiologia* 23:71–78. doi: 10.1007/s10453-007-9050-6
- Rodríguez-Rajo FJ, Jato V, Fernández-González M, & Aira MJ (2010) The use of aerobiological methods for forecasting *Botrytis* spore concentrations in a vineyard. *Grana* 49:56–65. doi: 10.1080/00173130903472393
- Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, & Pounds JA (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421:57–60. doi: 10.1038/nature01333

- Rousseau D-D, Duzer D, Etienne J-L, Cambon G, Jolly D, Ferrier J, & Schevin P (2004) Pollen record of rapidly changing air trajectories to the North Pole. *J Geophys Res* 109:D06116. doi: 10.1029/2003JD003985
- Rousseau D-D, Schevin P, Duzer D, Cambon G, Ferrier J, Jolly D, & Poulsen U (2006) New evidence of long distance pollen transport to southern Greenland in late spring. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141:277–286. doi: 10.1016/j.revpalbo.2006.05.001
- Sadyś M, Kennedy R, & West JS (2016) Potential impact of climate change on fungal distributions: analysis of 2 years of contrasting weather in the UK. *Aerobiologia* 32:127–137. doi: 10.1007/s10453-015-9402-6
- Sadyś M, Skjøth CA, & Kennedy R (2014) Back-trajectories show export of airborne fungal spores (*Ganoderma* sp.) from forests to agricultural and urban areas in England. *Atmos Environ* 84:88–99. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.11.015
- Salvaggio J, & Aukrust L (1981) Mold-induced asthma. *J Allergy Clin Immun* 68:327–346. doi: 10.1016/0091-6749(81)90131-7
- Sánchez-Mesa JA, Galan C, Martínez-Heras JA, & Hervás-Martínez C (2002) The use of a neural network to forecast daily grass pollen concentration in a Mediterranean region: the southern part of the Iberian Peninsula. *Clin Exp Allergy* 32:1606–1612. doi: 10.1046/j.1365-2222.2002.01510.x
- Šauliene I, & Veriankaite L (2006) Application of backward air mass trajectory analysis in evaluating airborne pollen dispersion. *J Environ Eng Landsc Manag* 14:113–120. doi: 10.1080/16486897.2006.9636887
- Schaber J, & Badeck F-W (2003) Physiology-based phenology models for forest tree species in Germany. *Int J Biometeorol* 47:193–201. doi: 10.1007/s00484-003-0171-5
- Scheifinger H, Belmonte J, Buters J, Celenk S, Damialis A, Dechamp C, García-Mozo H, Gehrig R, Grewling L, Halley JM, Hogda K-A, Jäger S, Karatzas K, Karlsen S-R, Koch E, Pauling A, Peel R, Sikoparija B, Smith M, Galán C, Thibaudon M, Vokou D, & De Weger LA (2013) Monitoring, modelling and forecasting of the pollen season. In: Sofiev M, & Bergmann K-C (eds) *Allergenic Pollen*, 1st edn. Springer Netherlands, New York, London, pp 71–126
- Šikoparija B, Smith M, Skjøth CA, Radišić P, Milkovska S, Šimić S, & Brandt J (2009) The Pannonian plain as a source of *Ambrosia* pollen in the Balkans. *Int J Biometeorol* 53:263–272. doi: 10.1007/s00484-009-0212-9
- Simpson D, Winiwarter W, Börjesson G, Cinderby S, Ferreira A, Guenther A, Hewitt CN, Janson R, Khalil MAK, Owen S, Pierce TE, Puxbaum H, Shearer M, Skiba U, Steinbrecher R, Tarrasón L, & Öquist MG (1999) Inventorying emissions from nature in Europe. *J Geophys Res* 104:8113–8152. doi: 10.1029/98JD02747
- Skjøth CA, Geels C, Hvidberg M, Hertel O, Brandt J, Frohn LM, Hansen KM, Hedegaard GB, Christensen JH, & Moseholm L (2008a) An inventory of tree species in Europe—An essential data input for air pollution modelling. *Ecol Model* 217:292–304. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.06.023
- Skjøth CA, Šikoparija B, Jäger S, & European Aeroallergen Network E (2013) Pollen sources. In: Sofiev M, & Bergmann K-C (eds) *Allergenic Pollen*. Springer Netherlands, pp 9–27
- Skjøth CA, Smith M, Brandt J, & Emberlin J (2009) Are the birch trees in Southern England a source of *Betula* pollen for North London? *Int J Biometeorol* 53:75–86. doi: 10.1007/s00484-008-0192-1
- Skjøth CA, Smith M, Šikoparija B, Stach A, Myszkowska D, Kasprzyk I, Radišić P, Stjepanović B, Hrga I, Apatini D, Magyar D, Páldy A, & Ianovici N (2010) A method for producing airborne pollen source inventories: An example of *Ambrosia* (ragweed) on the Pannonian Plain. *Agric For Meteorol* 150:1203–1210. doi: 10.1016/j.agrformet.2010.05.002
- Skjøth CA, Sommer J, Brandt J, Hvidberg M, Geels C, Hansen KM, Hertel O, Frohn LM, & Christensen JH (2008b) Copenhagen – a significant source of birch (*Betula*) pollen? *Int J Biometeorol* 52:453–462. doi: 10.1007/s00484-007-0139-y
- Skjøth CA, Sommer J, Frederiksen L, & Gosewinkel Karlson U (2012) Crop harvest in Denmark and Central Europe contributes to the local load of airborne *Alternaria* spore concentrations in Copenhagen. *Atmos Chem Phys* 12:11107–11123. doi: 10.5194/acp-12-11107-2012

- Skjøth CA, Sommer J, Stach A, Smith M, & Brandt J (2007) The long-range transport of birch (*Betula*) pollen from Poland and Germany causes significant pre-season concentrations in Denmark. *Clin Exp Allergy* 37:1204–1212. doi: 10.1111/j.1365-2222.2007.02771.x
- Smith M, & Emberlin J (2005) Constructing a 7-day ahead forecast model for grass pollen at north London, United Kingdom. *Clin Exp Allergy* 35:1400–1406. doi: 10.1111/j.1365-2222.2005.02349.x
- Smith M, Emberlin J, & Kress A (2005) Examining high magnitude grass pollen episodes at Worcester, United Kingdom, using back-trajectory analysis. *Aerobiologia* 21:85–94. doi: 10.1007/s10453-005-4178-8
- Smith M, Skjøth CA, Myszkowska D, Uruska A, Puc M, Stach A, Balwierz Z, Chlopek K, Piotrowska K, Kasprzyk I, & Brandt J (2008) Long-range transport of *Ambrosia* pollen to Poland. *Agric For Meteorol* 148:1402–1411. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.04.005
- Sofiev M, Belmonte J, Gehrig R, Izquierdo R, Smith M, Dahl Å, & Siljamo P (2013a) Airborne pollen transport. In: Sofiev M, & Bergmann K-C (eds) *Allergenic Pollen*. Springer Netherlands, pp 127–159
- Sofiev M, Prank M, Siljamo P, Soares J, Vira J, Summanen T, & Karppinen A (s.f.) System for integrated modelling of atmospheric composition. In: *System for integrated modelling of atmospheric composition*. <http://silam.fmi.fi/>. Accessed 4 Nov 2014
- Sofiev M, Siljamo P, Ranta H, Linkosalo T, Jaeger S, Rasmussen A, Rantio-Lehtimäki A, Severova E, & Kukkonen J (2013b) A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere. Description of the emission module. *Int J Biometeorol* 57:45–58. doi: 10.1007/s00484-012-0532-z
- Sofiev M, Siljamo P, Ranta H, & Rantio-Lehtimäki A (2006a) Towards numerical forecasting of long-range air transport of birch pollen: theoretical considerations and a feasibility study. *Int J Biometeorol* 50:392–402. doi: 10.1007/s00484-006-0027-x
- Sofiev M, Siljamo P, Valkama I, Ilvonen M, & Kukkonen J (2006b) A dispersion modelling system SILAM and its evaluation against ETEX data. *Atmos Environ* 40:674–685. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.09.069
- Spieksma FTM, Emberlin JC, Hjelmroos M, Jäger S, & Leuschner RM (1995) Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: Trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana* 34:51–57. doi: 10.1080/00173139509429033
- Stach A, García-Mozo H, Prieto-Baena JC, Czarnecka-Operacz M, Jenerowicz D, Silny W, & Galán C (2007a) Prevalence of *Artemisia* species pollinosis in western Poland: Impact of climate change on aerobiological trends. *J Investig Allergol Clin Immunol* 17:39–47.
- Stach A, Smith M, Prieto Baena JC, & Emberlin J (2008) Long-term and short-term forecast models for Poaceae (grass) pollen in Poznań, Poland, constructed using regression analysis. *Environ Exp Bot* 62:323–332. doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.10.005
- Stach A, Smith M, Skjøth CA, & Brandt J (2007b) Examining *Ambrosia* pollen episodes at Poznań (Poland) using back-trajectory analysis. *Int J Biometeorol* 51:275–286. doi: 10.1007/s00484-006-0068-1
- Stappeler J, Hess R, Schättler U, & Bonaventura L (2003) Review of numerical methods for nonhydrostatic weather prediction models. *Meteorol Atmos Phys* 82:287–301. doi: 10.1007/s00703-001-0593-8
- Tao Z, Malvick D, Claybrooke R, Floyd C, Bernacchi CJ, Spoden G, Kurle J, Gay D, Bowersox V, & Krupa S (2009) Predicting the risk of soybean rust in Minnesota based on an integrated atmospheric model. *Int J Biometeorol* 53:509–521. doi: 10.1007/s00484-009-0239-y
- Tariq SM, Matthews SM, Stevens M, & Hakim EA (1996) Sensitization to *Alternaria* and *Cladosporium* by the age of 4 years. *Clin Exp Allergy* 26:794–798. doi: 10.1111/j.1365-2222.1996.tb00610.x
- Teranishi H, Kenda Y, Katoh T, Kasuya M, Oura E, & Taira E (2000) Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar *Cryptomeria japonica* in Japan. *Clim Res* 14:65–70.
- Trakhtenbrot A, Katul GG, & Nathan R (2014) Mechanistic modeling of seed dispersal by wind over hilly terrain. *Ecol Model* 274:29–40. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.11.029

- Tufto J, Engen S, & Hindar K (1997) Stochastic dispersal processes in plant populations. *Theoretical Popul Biol* 52:16–26. doi: 10.1006/tpbi.1997.1306
- Türe C, & Böcük H (2009) Analysis of airborne pollen grains in Bilecik, Turkey. *Environ Monit Assess* 151:27–35. doi: 10.1007/s10661-008-0246-1
- Valencia-Barrera R, Comtois P, & Fernández-González D (2002) Bioclimatic indices as a tool in pollen forecasting. *Int J Biometeorol* 46:171–175. doi: 10.1007/s00484-002-0138-y
- Vélez-Pereira AM (2011) Comportamiento aerodinámico y viabilidad de los aerosoles biológicos. In: *Emisiones atmosféricas de origen biológico*, Primera edición. Fondo Editorial UniMagdalena, Santa Marta, Colombia, pp 74–99
- Vélez-Pereira AM, De Linares C, Delgado R, & Belmonte J (2016) Temporal trends of the airborne fungal spores in Catalonia (NE Spain), 1995–2013. *Aerobiologia* 32:23–37. doi: 10.1007/s10453-015-9410-6
- Veriänkaitė L, Siljamo P, Sofiev M, Šaulienė I, & Kukkonen J (2010) Modelling analysis of source regions of long-range transported birch pollen that influences allergenic seasons in Lithuania. *Aerobiologia* 26:47–62. doi: 10.1007/s10453-009-9142-6
- Vogel B, Vogel H, Bäumer D, Bangert M, Lundgren K, Rinke R, & Stanelle T (2009) The comprehensive model system COSMO-ART – Radiative impact of aerosol on the state of the atmosphere on the regional scale. *Atmos Chem Phys* 9:8661–8680. doi: 10.5194/acp-9-8661-2009
- Vogel H, Pauling A, & Vogel B (2008) Numerical simulation of birch pollen dispersion with an operational weather forecast system. *Int J Biometeorol* 52:805–814. doi: 10.1007/s00484-008-0174-3
- Waisel Y, Ganor E, Epshtein V, Stupp A, & Eshel A (2008) Airborne pollen, spores, and dust across the East Mediterranean Sea. *Aerobiologia* 24:125–131. doi: 10.1007/s10453-008-9087-1
- WHO (2003) *Phenology and human health: allergic disorders*. WHO Regional Office for Europe, Rome, Italy
- Zhang R, Duhl T, Salam MT, House JM, Flagan RC, Avol EL, Gilliland FD, Guenther A, Chung SH, Lamb BK, & VanReken TM (2014) Development of a regional-scale pollen emission and transport modeling framework for investigating the impact of climate change on allergic airway disease. *Biogeosciences* 11:1461–1478. doi: 10.5194/bg-11-1461-2014
- Ziello C, Sparks TH, Estrella N, Belmonte J, Bergmann KC, Bucher E, Brighetti MA, Damialis A, Detandt M, Galán C, Gehrig R, Grewling L, Gutiérrez Bustillo AM, Hallsdóttir M, Kockhans-Bieda M-C, De Linares C, Myszkowska D, Páldy A, Sánchez A, Smith M, Thibaudon M, Travaglini A, Uruska A, Valencia-Barrera RM, Vokou D, Wachter R, de Weger LA, & Menzel A (2012) Changes to airborne pollen counts across Europe. *PLoS ONE* 7:e34076. doi: 10.1371/journal.pone.0034076
- Zink K, Vogel H, Vogel B, Magyar D, & Kottmeier C (2012) Modeling the dispersion of *Ambrosia artemisiifolia* L. pollen with the model system COSMO-ART. *Int J Biometeorol* 56:669–680. doi: 10.1007/s00484-011-0468-8
- Ziska LH, & Caulfield FA (2000) Rising CO₂ and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Functional Plant Biol* 27:893–898.

1.6. Anexos

Anexo 1.A Estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos aerovagantes donde se han aplicado modelos basados en la observación (1998-2015).

Presentación

Modelos predictivos basados en la observación en el periodo 1988-2015 (ordenados alfabéticamente).

Por columnas se muestra: el nombre del modelo, tipo de bioaerosol o taxon modelado, parámetro modelado y referencia bibliográfica.

Abreviaturas

*: No reportan periodo de tiempo.

** : Estandarizan la concentración.

***: Estiman la concentración por umbrales.

†: 15 táxones diferentes.

PDF: Función de probabilidad de distribución.

Cheno.-Amara.: Chenopodiaceae-Amaranthaceae.

¹ polen o esporas de hongos sin especificar.

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica		
Análisis de componentes principales	Cupressaceae	Concentración diaria	Ocaña-Peinado <i>et al.</i> (2013)		
Análisis discriminante lineal	<i>Olea</i>	Índice anual Inicio del periodo Núm. de días por encima del umbral Concentración pico	Oteros <i>et al.</i> (2013b)		
Árboles de regresión	Poaceae	Concentración diaria	Sánchez-Mesa <i>et al.</i> (2005)		
	<i>Ambrosia</i>	Concentración diaria	Csépe <i>et al.</i> (2014)		
	<i>Ganoderma</i>	Presencia o ausencia	Grinn-Gofroń & Strzelczak (2011)		
		Concentración diaria	Jedryczka <i>et al.</i> (2015) Sadyś <i>et al.</i> (2016)		
	<i>Olea</i>	Índice anual Inicio del periodo Núm. de días por encima del umbral Concentración pico	Oteros <i>et al.</i> (2013b)		
		Concentración diaria	Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)		
		<i>Platanus</i>	Concentración diaria	Sabarięgo <i>et al.</i> (2008)	
		Poaceae Urticaceae	Concentración diaria	Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)	
	Autoregresión integrada	<i>Alnus</i>	Concentración diaria	Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2006)	
		<i>Alternaria</i>	Índice mensual	Damialis & Gioulekas (2006)	
Concentración diaria			Damialis & Gioulekas (2006) Escuredo <i>et al.</i> (2011)		
Concentración diaria			Matyasovszky & Makra (2011)		
<i>Betula</i>		Concentración diaria	Castellano-Méndez <i>et al.</i> (2005) ***		
<i>Botrytis</i>		Concentración diaria	Fernández-González <i>et al.</i> (2012) Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2010b)		
		Concentración diaria	Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2005b)		
<i>Cladosporium</i>		Índice mensual Concentración diaria	Damialis & Gioulekas (2006)		
Cupressaceae		Concentración diaria	Ocaña-Peinado <i>et al.</i> (2008)		
Esporas de hongos ¹		Concentración	Verma & Pathak (2009) *		
<i>Olea</i>		Duración del periodo Índice anual Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2014)		
		Poaceae	Inicio del periodo Concentración diaria Concentración semanal	Tassan-Mazzocco <i>et al.</i> (2015)	
		Urticaceae	Inicio del periodo Concentración diaria Concentración semanal	Tassan-Mazzocco <i>et al.</i> (2015)	
		Gamma PDF	<i>Alternaria</i>	Duración del periodo Fin del periodo Inicio del periodo	Kasprzyk & Walanus (2014)
<i>Artemisia</i>				Duración del periodo Fin del periodo Inicio del periodo	Kasprzyk & Walanus (2014)
				Gaussian PDF	<i>Alternaria</i>
	<i>Artemisia</i>	Duración del periodo Fin del periodo Inicio del periodo	Kasprzyk & Walanus (2014)		
Gradiente boosting estocástico		<i>Alnus</i> <i>Ambrosia</i> <i>Artemisia</i> <i>Betula</i> <i>Carpinus</i>	Concentración diaria		

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
	<i>Castanea</i>		
	<i>Corylus</i>		
	<i>Fagus</i>		
	<i>Fraxinus</i>		
	<i>Plantago</i>		
	<i>Platanus</i>		
	Poaceae		
	<i>Populus</i>		
	<i>Quercus</i>		
	<i>Rumex</i>		
	Urticaceae		
Gumbel's PDF	<i>Ambrosia</i>	Día pico Duración del periodo Inicio del periodo Núm. de días por encima del umbral Concentración pico	Puc & Wolski (2013)
	<i>Artemisia</i>	Día pico Duración del periodo Inicio del periodo Nro. de días por encima del umbral Concentración pico	Puc & Wolski (2013)
	Poaceae	Día pico Duración del periodo Inicio del periodo Núm. de días por encima del umbral Concentración pico	Puc & Wolski (2013)
Máquina de soporte de vectores	<i>Olea</i> Poaceae Urticaceae	Concentración diaria	Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)
Mínimos cuadrados parciales	<i>Olea</i>	Día pico Inicio del periodo	Aguilera <i>et al.</i> (2015)
	Poaceae	Concentración diaria	Brighetti <i>et al.</i> (2014)
Redes neuronales artificiales	<i>Alternaria</i>	Estimación espacial Concentración diaria	Tomassetti <i>et al.</i> (2013) Astray <i>et al.</i> (2010) Bruno <i>et al.</i> (2007) Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2008a) Grinn-Gofroñ <i>et al.</i> (2011) Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2013) Tomassetti <i>et al.</i> (2009) Tomassetti <i>et al.</i> (2013)
		Concentración horaria	Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2009)
	<i>Ambrosia</i>	Concentración diaria	Csépe <i>et al.</i> (2014)
	<i>Betula</i>	Concentración diaria	Puc (2012)
	<i>Castanea</i>	Concentración diaria	Astray <i>et al.</i> (2016)
	<i>Cladosporium</i>	Concentración diaria	Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2008b) Grinn-Gofroñ <i>et al.</i> (2011) Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2013)
		Concentración horaria	Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2009)
	Esporas de hongos ¹	Concentración	Verma & Pathak (2009) *
	<i>Ganoderma</i>	Presencia o ausencia Concentración diaria	Grinn-Gofroñ & Strzelczak (2011) Jedryczka <i>et al.</i> (2015) Sadyś <i>et al.</i> (2016)
		Concentración horaria	Kasprzyk <i>et al.</i> (2011)
	<i>Olea</i>	Índice anual Inicio del periodo Núm. de días por encima del umbral Concentración pico Concentración diaria	Oteros <i>et al.</i> (2013b) Aznarte M <i>et al.</i> (2007)

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica	
			Iglesias-Otero <i>et al.</i> (2015a)	
			Voukantsis <i>et al.</i> (2010a)	
			Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)	
	<i>Plantago</i>	Concentración diaria	Iglesias-Otero <i>et al.</i> (2015b)	
	<i>Pleospora</i>	Estimación espacial	Tomassetti <i>et al.</i> (2013)	
		Concentración diaria	Bruno <i>et al.</i> (2007)	
			Tomassetti <i>et al.</i> (2009)	
			Tomassetti <i>et al.</i> (2013)	
	Poaceae	Concentración diaria	Arca (2004)	
			Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2010a)	
			Sánchez-Mesa <i>et al.</i> (2002)	
			Sánchez-Mesa <i>et al.</i> (2005)	
			Voukantsis <i>et al.</i> (2010a)	
			Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)	
	Polen ¹	Concentración diaria	Ranzi <i>et al.</i> (2003)	
	<i>Pyricularia</i>	Núm. de esporas	Mojerlou <i>et al.</i> (2013)	
	Urticaceae	Concentración diaria	Dara (2013) **	
			Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)	
Regresión de Poisson	Poaceae	Concentración diaria	Erbas <i>et al.</i> (2007)	
Regresión lineal	<i>Alnus</i>	Día pico	Piotrowska-Weryszko (2013)	
		Duración del periodo		
Inicio del periodo		Emberlin <i>et al.</i> (2007)		
			Piotrowska-Weryszko (2013)	
			Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2009)	
	<i>Alternaria</i>	Concentración diaria	Aira <i>et al.</i> (2008)	
			Recio <i>et al.</i> (2012)	
			Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2005a)	
			Sidel <i>et al.</i> (2015)	
		Concentración semanal	Recio <i>et al.</i> (2012)	
	<i>Ambrosia</i>	Duración del periodo	Laaïdi <i>et al.</i> (2003)	
			Zhang <i>et al.</i> (2015)	
		Inicio del periodo	Laaïdi <i>et al.</i> (2003)	
			Zhang <i>et al.</i> (2015)	
		Concentración diaria	Howard & Levetin (2014) **	
			Makra & Matyasovszky (2011)	
			Makra <i>et al.</i> (2004)	
	<i>Artemisia</i>	Duración del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)	
		Índice anual	Drzeniecka-Osiadacz <i>et al.</i> (2015)	
		Inicio del periodo	Drzeniecka-Osiadacz <i>et al.</i> (2015)	
			Zhang <i>et al.</i> (2015)	
	<i>Betula</i>	Día pico	Myszkowska (2013)	
		Duración del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)	
		Inicio del periodo	Adams-Groom <i>et al.</i> (2002)	
			Gormsen <i>et al.</i> (2005)	
			Laaïdi (2001a)	
			Myszkowska 2013)	
			Zhang <i>et al.</i> (2015)	
			Fin del periodo	Myszkowska (2013)
			Concentración pico	
			Concentración diaria	Méndez <i>et al.</i> (2005) **
	Cheno.-Amara.	Concentración diaria	Angosto <i>et al.</i> (2005) **	
	<i>Cladosporium</i>	Concentración diaria	Aira <i>et al.</i> (2008)	
			Angulo-Romero <i>et al.</i> (1999)	
			Molina <i>et al.</i> (1998)	
			Recio <i>et al.</i> (2012)	
			Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2006)	
				Concentración semanal
	<i>Corylus</i>	Inicio del periodo	Emberlin <i>et al.</i> (2007)	
			Piotrowska & Kaszewski (2009)	

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica		
	Cupressaceae	Día pico	Galán <i>et al.</i> (1998a)		
		Índice anual			
		Inicio del periodo			
		Concentración pico			
		Concentración diaria	Díaz de la Guardia <i>et al.</i> (2006) Galán <i>et al.</i> (1998b) Ocaña-Peinado <i>et al.</i> (2013) Sabariego <i>et al.</i> (2012) **		
Esporas de hongos ¹	Olea	Concentración	Ho <i>et al.</i> (2005) † * Verma & Pathak (2009) *		
		Día pico	Galán <i>et al.</i> (2001) Murray & Galán (2016) Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Duración del periodo	Murray & Galán (2016) Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Fin del periodo	Murray & Galán (2016) Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Índice anual	Galán <i>et al.</i> (2001) Oteros <i>et al.</i> (2013a) Rojo <i>et al.</i> (2016) Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Índice pre-pico	Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Inicio del periodo	Fornaciari <i>et al.</i> (1998) Murray & Galán (2016) Ribeiro <i>et al.</i> (2006) Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Concentración pico	Galán <i>et al.</i> (2001) Murray & Galán (2016) Sicard <i>et al.</i> (2012)		
		Concentración diaria	Díaz de la Guardia <i>et al.</i> (2003) Voukantsis <i>et al.</i> (2010a) Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)		
		Platanus	Inicio del periodo	Iglesias <i>et al.</i> (2007)	
			Concentración diaria	Iglesias <i>et al.</i> (2007) Sabariego <i>et al.</i> (2008)	
		Poaceae	Día pico		Kasprzyk & Walanus (2010) Piotrowska (2012) Stach <i>et al.</i> (2008)
				Duración del periodo	Kasprzyk & Walanus (2010) Piotrowska (2012) Zhang <i>et al.</i> (2015)
				Fin del periodo	Kasprzyk & Walanus (2010) Stach <i>et al.</i> (2008)
Índice anual	Emberlin <i>et al.</i> (1999) Schäppi <i>et al.</i> (1998)				
Inicio del periodo	Kasprzyk & Walanus (2010) Laaidi (2001b) Piotrowska (2012) Stach <i>et al.</i> (2008) Zhang <i>et al.</i> (2015)				
Concentración pico	Piotrowska (2012)				
Concentración diaria	Aboulaich <i>et al.</i> (2013) Matyasovszky <i>et al.</i> (2011) Smith & Emberlin (2005) Smith & Emberlin (2006) Stach <i>et al.</i> (2008) Toro <i>et al.</i> (1998)** Voukantsis <i>et al.</i> (2010a) Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)				

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
	Polen ¹	Concentración diaria	Angosto <i>et al.</i> (2005) **
	<i>Prunus</i>	Inicio del periodo	Gormsen <i>et al.</i> (2005)
	<i>Quercus</i>	Duración del periodo Inicio del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)
	Urticaceae	Concentración diaria	Dara (2013)** Galán <i>et al.</i> (2000) Voukantsis <i>et al.</i> (2010b)
Regresión lineal parcial	<i>Betula</i>	Concentración diaria	Cotos-Yáñez <i>et al.</i> (2004)
Regresión logística	<i>Acer</i>	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
	<i>Alnus</i>	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007) Myszkowska (2014) Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
		Concentración diaria	Myszkowska & Majewska (2014)***
	<i>Alternaria</i>	Incremento anual	De Linares <i>et al.</i> (2010)
	<i>Betula</i>	Inicio del periodo Concentración diaria	Myszkowska (2014) Cotos-Yáñez <i>et al.</i> (2004) Myszkowska & Majewska (2014)***
	<i>Castanea</i>	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
	<i>Corylus</i>	Inicio del periodo Concentración diaria	Myszkowska (2014) Myszkowska & Majewska (2014)***
	Cupressaceae	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
	<i>Fraxinus</i>	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
	<i>Olea</i>	Concentración semanal	Escabias <i>et al.</i> (2013)
	<i>Pinus</i>	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
	<i>Platanus</i>	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
	Poaceae	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007) Myszkowska (2014) Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
		Concentración diaria	Myszkowska & Majewska (2014)***
	Urticaceae	Fin del periodo Inicio del periodo	Ribeiro <i>et al.</i> (2007)
Regresión no paramétrica	<i>Ambrosia</i>	Fin del periodo Inicio del periodo Concentración diaria	Makra <i>et al.</i> (2011) Makra & Matyasovszky (2011) Makra <i>et al.</i> (2011) Makra <i>et al.</i> (2011)***
Regresión no paramétrica (mediana)	<i>Ambrosia</i>	Concentración diaria	Makra & Matyasovszky (2011)
SCEM-UA	Cupressaceae	Concentración diaria	Silva-Palacios <i>et al.</i> (2016)
	<i>Olea</i>	Concentración diaria	Fernández-Rodríguez <i>et al.</i> (2016a)
	<i>Quercus</i>	Concentración diaria	Fernández-Rodríguez <i>et al.</i> (2016b)

Referencias bibliográficas del anexo 1.A

- Aboulaich N, Achmakh L, Bouziane H, Trigo MM, Recio M, Kadiri M, Cabezudo B, Riadi H, & Kazzaz M (2013) Effect of meteorological parameters on Poaceae pollen in the atmosphere of Tetouan (NW Morocco). *Int J Biometeorol* 57:197–205. doi: 10.1007/s00484-012-0566-2
- Adams-Groom B, Emberlin J, Corden J, Millington W, & Mullins J (2002) Predicting the start of the birch pollen season at London, Derby and Cardiff, United Kingdom, using a multiple regression model, based on data from 1987 to 1997. *Aerobiologia* 18:117–123. doi: 10.1023/A:1020698023134

- Aguilera F, Fornaciari M, Ruiz-Valenzuela L, Galán C, Msallem M, Dhiab AB, Díaz de la Guardia C, Trigo MM, Bonofiglio T, & Orlandi F (2015) Phenological models to predict the main flowering phases of olive (*Olea europaea* L.) along a latitudinal and longitudinal gradient across the Mediterranean region. *Int J Biometeorol* 59:629–641. doi: 10.1007/s00484-014-0876-7
- Aira MJ, Rodríguez-Rajo FJ, & Jato V (2008) 47 annual records of allergenic fungi spore: predictive models from the NW Iberian peninsula. *Ann Agric Environ Med* 15:91–98.
- Angosto JM, Moreno-Grau S, Bayo J, & Elvira-Rendueles B (2005) Multiple regression models for predicting total daily pollen concentration in Cartagena. *Grana* 44:108–114. doi: 10.1080/00173130510010468
- Angulo-Romero J, Mediavilla-Molina A, & Domínguez-Vilches E (1999) Conidia of *Alternaria* in the atmosphere of the city of Cordoba, Spain in relation to meteorological parameters. *Int J Biometeorol* 43:45–49. doi: 10.1007/s004840050115
- Arca B, Pellizzaro G, Canu A, & Varhiu A (2004) Use of neural networks to short-term forecast of airborne pollen data. In: 16th Biometeorology and Aerobiology. Vancouver, p P1.13
- Astray G, Fernández-González M, Rodríguez-Rajo FJ, López D, & Mejuto JC (2016) Airborne *Castanea* pollen forecasting model for ecological and allergological implementation. *Sci Total Environ* 548–549:110–121. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.035
- Astray G, Rodríguez-Rajo FJ, Ferreiro-Lage JA, Fernández-González M, Jato V, & Mejuto JC (2010) The use of artificial neural networks to forecast biological atmospheric allergens or pathogens only as *Alternaria* spores. *J Environ Monit* 12:2145–2152. doi: 10.1039/C0EM00248H
- Aznarte JLM, Benítez JMS, Nieto DL, De Linares C, Díaz de la Guardia C, & Sánchez FA (2007) Forecasting airborne pollen concentration time series with neural and neuro-fuzzy models. *Expert Syst Appl* 32:1218–1225. doi: 10.1016/j.eswa.2006.02.011
- Brighetti MA, Costa C, Menesatti P, Antonucci F, Tripodi S, & Travaglini A (2014) Multivariate statistical forecasting modeling to predict Poaceae pollen critical concentrations by meteorological data. *Aerobiologia* 30:25–33. doi: 10.1007/s10453-013-9305-3
- Bruno AA, Pace L, Tomassetti B, Coppola E, Verdecchia M, Pacioni G, & Visconti G (2007) Estimation of fungal spore concentrations associated to meteorological variables. *Aerobiologia* 23:221–228. doi: 10.1007/s10453-007-9066-y
- Castellano-Méndez M, Aira MJ, Iglesias I, Jato V, & González-Manteiga W (2005) Artificial neural networks as a useful tool to predict the risk level of *Betula* pollen in the air. *Int J Biometeorol* 49:310–316. doi: 10.1007/s00484-004-0247-x
- Cotos-Yáñez TR, Rodríguez-Rajo FJ, & Jato MV (2004) Short-term prediction of *Betula* airborne pollen concentration in Vigo (NW Spain) using logistic additive models and partially linear models. *Int J Biometeorol* 48:179–185. doi: 10.1007/s00484-004-0203-9
- Csépe Z, Makra L, Voukantsis D, Matyasovszky I, Tusnády G, Karatzas K, & Thibaudon M (2014) Predicting daily ragweed pollen concentrations using Computational Intelligence techniques over two heavily polluted areas in Europe. *Sci Total Environ* 476–477:542–552. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.01.056
- Damialis A, & Gioulekas D. (2006) Airborne allergenic fungal spores and meteorological factors in Greece: Forecasting possibilities. *Grana* 45:122–129. doi: 10.1080/00173130600601005
- Dara F (2013) Forecasting daily Urticaceae pollen count by artificial neural networks. *Int J Innov Res Dev* 2:63–71.
- De Linares C, Belmonte J, Canela M, Díaz de la Guardia C, Alba-Sanchez F, Sabariego S, & Alonso-Pérez S (2010) Dispersal patterns of *Alternaria* conidia in Spain. *Agric For Meteorol* 150:1491–1500. doi: 10.1016/j.agrformet.2010.07.004
- Díaz de la Guardia C, Alba F, De Linares C, Nieto-Lugilde D, & López JC (2006) Aerobiological and allergenic analysis of Cupressaceae pollen in Granada (Southern Spain). *J Investig Allergol Clin Immunol* 16:24.
- Díaz de la Guardia C, Alba F, Trigo MM, Galán C, Ruíz L, & Sabariego S (2003) Aerobiological analysis of *Olea europaea* L. pollen in different localities of southern Spain. *Grana* 42:234–243. doi: 10.1080/00173130310016455

- Drzeniecka-Osiadacz A, Krynicka J, Malkiewicz M, Klaczak K, & Migala K (2015) Statistical modelling of the main features of the *Artemisia* pollen season in Wrocław, Poland, during the 2002–2011 time period. *Theor Appl Climatol* 119:419–432. doi: 10.1007/s00704-014-1109-z
- Emberlin J, Mullins J, Corden J, Jones S, Millington W, Brooke M, & Savage M (1999) Regional variations in grass pollen seasons in the UK, long-term trends and forecast models. *Clin Exp Allergy* 29:347–356. doi: 10.1046/j.1365-2222.1999.00369.x
- Emberlin J, Smith M, Close R, & Adams-Groom B (2007) Changes in the pollen seasons of the early flowering trees *Alnus* spp. and *Corylus* spp. in Worcester, United Kingdom, 1996–2005. *Int J Biometeorol* 51:181–191. doi: 10.1007/s00484-006-0059-2
- Erbas B, Chang J-H, Newbiggin E, & Dhamarge S (2007) Modelling atmospheric concentrations of grass pollen using meteorological variables in Melbourne, Australia. *Int J Environ Health Res* 17:361–368. doi: 10.1080/09603120701628693
- Escabias M, Valderrama MJ, Aguilera AM, Santofimia ME, & Aguilera-Morillo MC (2013) Stepwise selection of functional covariates in forecasting peak levels of olive pollen. *Stoch Environ Res Risk Assess* 27:367–376. doi: 10.1007/s00477-012-0655-0
- Escuredo O, Seijo MC, Fernández-González M, & Iglesias I (2011) Effects of meteorological factors on the levels of *Alternaria* spores on a potato crop. *Int J Biometeorol* 55:243–252. doi: 10.1007/s00484-010-0330-4
- Fernández-González M, Rodríguez-Rajo FJ, Jato V, Aira MJ, Ribeiro H, Oliveira M, & Abreu I (2012) Forecasting ARIMA models for atmospheric vineyard pathogens in Galicia and Northern Portugal: *Botrytis cinerea* spores. *Ann Agric Environ Med* 19:255–262.
- Fernández-Rodríguez S, Durán-Barroso P, Silva-Palacios I, Tormo-Molina R, Maya-Manzano JM, & Gonzalo-Garijo Á (2016a) Regional forecast model for the *Olea* pollen season in Extremadura (SW Spain). *Int J Biometeorol* 60:1509–1517. doi: 10.1007/s00484-016-1141-z
- Fernández-Rodríguez S, Durán-Barroso P, Silva-Palacios I, Tormo-Molina R, Maya-Manzano JM, & Gonzalo-Garijo Á (2016b) *Quercus* long-term pollen season trends in the southwest of the Iberian Peninsula. *Process Saf Environ Prot* 101:152–159. doi: 10.1016/j.psep.2015.11.008
- Fornaciari M, Pieroni L, Ciuchi P, & Romano B (1998) A regression model for the start of the pollen season in *Olea europaea*. *Grana* 37:110–113. doi: 10.1080/00173139809362652
- Galán C, Alcázar P, Cariñanos P, Garcia H, & Domínguez-Vilches E (2000) Meteorological factors affecting daily Urticaceae pollen counts in southwest Spain. *Int J Biometeorol* 43:191–195. doi: 10.1007/s004840050008
- Galán C, Cariñanos P, García-Mozo H, Alcázar P, & Domínguez-Vilches E (2001) Model for forecasting *Olea europaea* L. airborne pollen in South-West Andalusia, Spain. *Int J Biometeorol* 45:59–63. doi: 10.1007/s004840100089
- Galán C, Fuillerat MJ, Comtois P, & Domínguez E (1998a) A predictive study of cupressaceae pollen season onset, severity, maximum value and maximum value date. *Aerobiologia* 14:195–199. doi: 10.1007/BF02694206
- Galán C, Fuillerat MJ, Comtois P, & Dominguez-Vilches E (1998b) Bioclimatic factors affecting daily Cupressaceae flowering in southwest Spain. *Int J Biometeorol* 41:95–100. doi: 10.1007/s004840050059
- García-Mozo H, Yaezel L, Oteros J, & Galán C (2014) Statistical approach to the analysis of olive long-term pollen season trends in southern Spain. *Sci Total Environ* 473–474:103–109. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.142
- Gormsen AK, Hense A, Toldam-Andersen TB, & Braun P (2005) Large-scale climate variability and its effects on mean temperature and flowering time of *Prunus* and *Betula* in Denmark. *Theor Appl Climatol* 82:41–50. doi: 10.1007/s00704-005-0122-7
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2011) The effects of meteorological factors on the occurrence of *Ganoderma* sp. spores in the air. *Int J Biometeorol* 55:235–241. doi: 10.1007/s00484-010-0329-x
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2008a) Artificial neural network models of relationships between *Alternaria* spores and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 52:859–868. doi: 10.1007/s00484-008-0182-3

- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2013) Changes in concentration of *Alternaria* and *Cladosporium* spores during summer storms. *Int J Biometeorol* 57:759–768. doi: 10.1007/s00484-012-0604-0
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2009) Hourly predictive artificial neural network and multivariate regression tree models of *Alternaria* and *Cladosporium* spore concentrations in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 53:555–562. doi: 10.1007/s00484-009-0243-2
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2008b) Artificial neural network models of relationships between *Cladosporium* spores and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Grana* 47:305–315. doi: 10.1080/00173130802513784
- Grinn-Gofroń A, Strzelczak A, & Wolski T (2011) The relationships between air pollutants, meteorological parameters and concentration of airborne fungal spores. *Environ Pollut* 159:602–608. doi: 10.1016/j.envpol.2010.10.002
- Hilaire D, Rotach MW, & Clot B (2012) Building models for daily pollen concentrations: The example of 16 pollen taxa in 14 Swiss monitoring stations. *Aerobiologia* 28:499–513. doi: 10.1007/s10453-012-9252-4
- Ho H-M, Rao CY, Hsu H-H, Chiu Y-H, Liu C-M, & Chao HJ (2005) Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan. *Atmos Environ* 39:5839–5850. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.06.034
- Howard LE, & Levetin E (2014) *Ambrosia* pollen in Tulsa, Oklahoma: aerobiology, trends, and forecasting model development. *Ann Allergy Asthma Immunol* 113:641–646. doi: 10.1016/j.anai.2014.08.019
- Iglesias I, Rodríguez-Rajo FJ, & Méndez J (2007) Behavior of *Platanus hispanica* pollen, an important spring aeroallergen in northwestern Spain. *J Investig Allergol Clin Immunol* 17:145.
- Iglesias-Otero MA, Astray G, Vara A, Galvez JF, Mejuto JC, & Rodríguez-Rajo FJ (2015a) Forecasting *Olea* Airborne pollen concentration by mean of artificial intelligence. *Fresenius Environ Bull* 24:4574–4580.
- Iglesias-Otero MA, Fernández-González M, Rodríguez-Caride D, Astray G, Mejuto JC, & Rodríguez-Rajo FJ (2015b) A model to forecast the risk periods of *Plantago* pollen allergy by using the ANN methodology. *Aerobiologia* 31:201–211. doi: 10.1007/s10453-014-9357-z
- Jedryczka M, Strzelczak A, Grinn-Gofroń A, Nowak M, Wolski T, Siwulski M, Sobieralski K, & Kaczmarek J (2015) Advanced statistical models commonly applied in aerobiology cannot accurately predict the exposure of people to *Ganoderma* spore-related allergies. *Agric For Meteorol* 201:209–217. doi: 10.1016/j.agrformet.2014.11.015
- Kasprzyk I, Grinn-Gofroń A, Strzelczak A, & Wolski T (2011) Hourly predictive artificial neural network and multivariate regression trees models of *Ganoderma* spore concentrations in Rzeszów and Szczecin (Poland). *Sci Total Environ* 409:949–956. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.12.002
- Kasprzyk I, & Walanus A (2014) Gamma, Gaussian and logistic distribution models for airborne pollen grains and fungal spore season dynamics. *Aerobiologia* 30:369–383. doi: 10.1007/s10453-014-9332-8
- Kasprzyk I, & Walanus A (2010) Description of the main Poaceae pollen season using bi-Gaussian curves, and forecasting methods for the start and peak dates for this type of season in Rzeszów and Ostrowiec Św. (SE Poland). *J Environ Monit* 12:906–916. doi: 10.1039/b912256g
- Laaidi M (2001a) Regional variations in the pollen season of *Betula* in Burgundy: two models for predicting the start of the pollination. *Aerobiologia* 17:247–254. doi: 10.1023/A:1011899603453
- Laaidi M (2001b) Forecasting the start of the pollen season of Poaceae: evaluation of some methods based on meteorological factors. *Int J Biometeorol* 45:1–7. doi: 10.1007/s004840000079
- Laaidi M, Thibaudon M, & Besancenot J-P (2003) Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the area of Lyon (France). *Int J Biometeorol* 48:65–73. doi: 10.1007/s00484-003-0182-2
- Makra L, Juhász M, Borsos E, & Béczi R (2004) Meteorological variables connected with airborne ragweed pollen in Southern Hungary. *Int J Biometeorol* 49:37–47. doi: 10.1007/s00484-004-0208-4
- Makra L, & Matyasovszky I (2011) Assessment of the daily ragweed pollen concentration with previous-day meteorological variables using regression and quantile regression analysis for Szeged, Hungary. *Aerobiologia* 27:247–259. doi: 10.1007/s10453-010-9194-7

- Makra L, Matyasovszky I, Thibaudon M, & Bonini M (2011) Forecasting ragweed pollen characteristics with nonparametric regression methods over the most polluted areas in Europe. *Int J Biometeorol* 55:361–371. doi: 10.1007/s00484-010-0346-9
- Matyasovszky I, & Makra L (2011) Autoregressive modelling of daily ragweed pollen concentrations for Szeged in Hungary. *Theor Appl Climatol* 104:277–283. doi: 10.1007/s00704-011-0431-y
- Matyasovszky I, Makra L, Guba Z, Pátkai Z, Páldy A, & Sümegehy Z (2011) Estimating the daily Poaceae pollen concentration in Hungary by linear regression conditioning on weather types. *Grana* 50:208–216. doi: 10.1080/00173134.2011.602984
- Méndez J, Comtois P, & Iglesias I (2005) *Betula* pollen: One of the most important aeroallergens in Ourense, Spain. Aerobiological studies from 1993 to 2000. *Aerobiologia* 21:115–124. doi: 10.1007/s10453-005-4181-0
- Mojerlou S, Mousanejad S, & Safaie N (2013) Modeling fluctuation of *Pyricularia grisea* spore population as affected by meteorological factors in Guilan province (Iran) using artificial neural network. *J Crop Prot* 2:501–514.
- Molina AM, Romero JA, García-Pantaleón FI, Comtois P, & Vilches ED (1998) Preliminary statistical modeling of the presence of two conidial types of *Cladosporium* in the atmosphere of Córdoba, Spain. *Aerobiologia* 14:229–234. doi: 10.1007/BF02694211
- Murray MG, & Galán C (2016) Effect of the meteorological parameters on the *Olea europaea* L. pollen season in Bahía Blanca (Argentina). *Aerobiologia* 32:541–553. doi: 10.1007/s10453-016-9431-9
- Myszkowska D (2013) Prediction of the birch pollen season characteristics in Cracow, Poland using an 18-year data series. *Aerobiologia* 29:31–44. doi: 10.1007/s10453-012-9260-4
- Myszkowska D (2014) Predicting tree pollen season start dates using thermal conditions. *Aerobiologia* 30:307–321. doi: 10.1007/s10453-014-9329-3
- Myszkowska D, & Majewska R (2014) Pollen grains as allergenic environmental factors—new approach to the forecasting of the pollen concentration during the season. *Ann Agric Environ Med* 21:681–688. doi: 10.5604/12321966.1129914
- Ocaña-Peinado F, Valderrama MJ, & Aguilera AM (2008) A dynamic regression model for air pollen concentration. *Stoch Environ Res Risk Assess* 22:59–63. doi: 10.1007/s00477-007-0153-y
- Ocaña-Peinado F, Valderrama MJ, & Bouzas PR (2013) A principal component regression model to forecast airborne concentration of Cupressaceae pollen in the city of Granada (SE Spain), during 1995–2006. *Int J Biometeorol* 57:483–486. doi: 10.1007/s00484-012-0527-9
- Oteros J, García-Mozo H, Hervás C, & Galán C (2013a) Biometeorological and autoregressive indices for predicting olive pollen intensity. *Int J Biometeorol* 57:307–316. doi: 10.1007/s00484-012-0555-5
- Oteros J, García-Mozo H, Hervás-Martínez C, & Galán C (2013b) Year clustering analysis for modelling olive flowering phenology. *Int J Biometeorol* 57:545–555. doi: 10.1007/s00484-012-0581-3
- Piotrowska K (2012) Forecasting the Poaceae pollen season in eastern Poland. *Grana* 51:263–269. doi: 10.1080/00173134.2012.659204
- Piotrowska K, & Kaszewski BM (2009) The influence of meteorological conditions on the start of the hazel (*Corylus L.*) pollen season in Lublin, 2001–2009. *Acta Agrobot* 62:59–66. doi: 10.5586/aa.2009.027
- Piotrowska-Weryszko K (2013) The effect of the meteorological factors on the *Alnus* pollen season in Lublin (Poland). *Grana* 52:221–228. doi: 10.1080/00173134.2013.772653
- Puc M (2012) Artificial neural network model of the relationship between *Betula* pollen and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 56:395–401. doi: 10.1007/s00484-011-0446-1
- Puc M, & Wolski T (2013) Forecasting of the selected features of Poaceae (R. Br.) Barnh., *Artemisia L.* and *Ambrosia L.* pollen season in Szczecin, north-western Poland, using Gumbel's distribution. *Ann Agric Environ Med* 20:36–47.
- Ranzi A, Lauriola P, Marletto V, & Zinoni F (2003) Forecasting airborne pollen concentrations: Development of local models. *Aerobiologia* 19:39–45. doi: 10.1023/A:1022626107746

- Recio M, Trigo MM, Docampo S, Melgar M, García-Sánchez J, Bootello L, & Cabezudo B (2012) Analysis of the predicting variables for daily and weekly fluctuations of two airborne fungal spores: *Alternaria* and *Cladosporium*. *Int J Biometeorol* 56:983–991. doi: 10.1007/s00484-011-0509-3
- Ribeiro H, Cunha M, & Abreu I (2007) Definition of main pollen season using a logistic model. *Ann Agric Environ Med* 14:259.
- Ribeiro H, Santos L, Abreu I, & Cunha M (2006) Influence of meteorological parameters on *Olea* flowering date and airborne pollen concentration in four regions of Portugal. *Grana* 45:115–121. doi: 10.1080/00173130500520610
- Rodríguez-Rajo FJ, Astray G, Ferreira-Lage JA, Aira MJ, Jato-Rodríguez MV, & Mejuto JC (2010a) Evaluation of atmospheric Poaceae pollen concentration using a neural network applied to a coastal Atlantic climate region. *Neural Netw* 23:419–425. doi: 10.1016/j.neunet.2009.06.006
- Rodríguez-Rajo FJ, Grewling L, Stach A, & Smith M (2009) Factors involved in the phenological mechanism of *Alnus* flowering in Central Europe. *Ann Agric Environ Med* 16:277–284.
- Rodríguez-Rajo FJ, Iglesias I, & Jato V (2005a) Variation assessment of airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores at different bioclimatical conditions. *Mycol Res* 109:497–507.
- Rodríguez-Rajo FJ, Jato V, & Aira MJ (2005b) Relationship between meteorology and *Castanea* airborne pollen. *Belg J Bot* 138:129–140.
- Rodríguez-Rajo FJ, Jato V, Fernández-González M, & Aira MJ (2010b) The use of aerobiological methods for forecasting *Botrytis* spore concentrations in a vineyard. *Grana* 49:56–65. doi: 10.1080/00173130903472393
- Rodríguez-Rajo FJ, Valencia-Barrera RM, Vega-Maray AM, Suarez FJ, Fernandez-Gonzalez D, & Jato V (2006) Prediction of airborne *Alnus* pollen concentration by using ARIMA models. *Ann Agric Environ Med* 13:25.
- Rojó J, Orlandi F, Pérez-Badía R, Aguilera F, Ben Dhiab A, Bouziane H, Díaz de la Guardia C, Galán C, Gutiérrez-Bustillo AM, Moreno-Grau S, Msallem M, Trigo MM, & Fornaciari M (2016) Modeling olive pollen intensity in the Mediterranean region through analysis of emission sources. *Sci Total Environ* 551–552:73–82. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.193
- Sabariego S, Bustillo AM, Morales PC, & Cuesta P (2008) Forecasting airborne *Platanus* pollen in the Madrid region. *Grana* 47:234–240. doi: 10.1080/00173130802218574
- Sabariego S, Cuesta P, Fernández-González F, & Pérez-Badía R (2012) Models for forecasting airborne Cupressaceae pollen levels in central Spain. *Int J Biometeorol* 56:253–258. doi: 10.1007/s00484-011-0423-8
- Sadyś M, Skjøth CA, & Kennedy R (2016) Forecasting methodologies for *Ganoderma* spore concentration using combined statistical approaches and model evaluations. *Int J Biometeorol* 60:489–498. doi: 10.1007/s00484-015-1045-3
- Sánchez-Mesa JA, Galán C, & Hervás C (2005) The use of discriminant analysis and neural networks to forecast the severity of the Poaceae pollen season in a region with a typical Mediterranean climate. *Int J Biometeorol* 49:355–362. doi: 10.1007/s00484-005-0260-8
- Sánchez-Mesa JA, Galan C, Martínez-Heras JA, & Hervás-Martínez C (2002) The use of a neural network to forecast daily grass pollen concentration in a Mediterranean region: the southern part of the Iberian Peninsula. *Clin Exp Allergy* 32:1606–1612. doi: 10.1046/j.1365-2222.2002.01510.x
- Schäppi GF, Taylor PE, Kenrick J, Staff IA, & Suphioglu C (1998) Predicting the grass pollen count from meteorological data with regard to estimating the severity of hayfever symptoms in Melbourne (Australia). *Aerobiologia* 14:29–37. doi: 10.1007/BF02694592
- Sicard P, Thibaudon M, Besancenot J-P, & Mangin A (2012) Forecast models and trends for the main characteristics of the *Olea* pollen season in Nice (south-eastern France) over the 1990–2009 period. *Grana* 51:52–62. doi: 10.1080/00173134.2011.637577
- Sidel FFB, Bouziane H, Trigo MM, Haskouri FE, Bardei F, Redouane A, Kadiri M, Riadi H, & Kazzaz M (2015) Airborne fungal spores of *Alternaria*, meteorological parameters and predicting variables. *Int J Biometeorol* 59:339–346. doi: 10.1007/s00484-014-0845-1

- Silva-Palacios I, Fernández-Rodríguez S, Durán-Barroso P, Tormo-Molina R, Maya-Manzano JM, & Gonzalo-Garijo Á (2016) Temporal modelling and forecasting of the airborne pollen of Cupressaceae on the southwestern Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* 60:297–306. doi: 10.1007/s00484-015-1026-6
- Smith M, & Emberlin J (2005) Constructing a 7-day ahead forecast model for grass pollen at north London, United Kingdom. *Clin Exp Allergy* 35:1400–1406. doi: 10.1111/j.1365-2222.2005.02349.x
- Smith M, & Emberlin J (2006) A 30-day-ahead forecast model for grass pollen in north London, United Kingdom. *Int J Biometeorol* 50:233–242. doi: 10.1007/s00484-005-0010-y
- Stach A, Smith M, Prieto Baena JC, & Emberlin J (2008) Long-term and short-term forecast models for Poaceae (grass) pollen in Poznań, Poland, constructed using regression analysis. *Environ Exp Bot* 62:323–332. doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.10.005
- Tassan-Mazzocco F, Felluga A, & Verardo P (2015) Prediction of wind-carried Gramineae and Urticaceae pollen occurrence in the Friuli Venezia Giulia region (Italy). *Aerobiologia* 31:559–574. doi: 10.1007/s10453-015-9386-2
- Tomassetti B, Bruno AA, Pace L, Verdecchia M, & Visconti G (2009) Prediction of *Alternaria* and *Pleospora* concentrations from the meteorological forecast and artificial neural network in L'Aquila, Abruzzo (Central Italy). *Aerobiologia* 25:127–136. doi: 10.1007/s10453-009-9117-7
- Tomassetti B, Lombardi A, Cerasani E, Sabatino AD, Pace L, Ammazalorso D, & Verdecchia M (2013) Mapping of *Alternaria* and *Pleospora* concentrations in Central Italy using meteorological forecast and neural network estimator. *Aerobiologia* 29:55–70. doi: 10.1007/s10453-012-9262-2
- Toro FJ, Recio M, Trigo MM, & Cabezudo B (1998) Predictive models in aerobiology: data transformation. *Aerobiologia* 14:179–184. doi: 10.1007/BF02694203
- Verma KS, & Pathak AK (2009) A comparative analysis of forecasting methods for aerobiological studies. *Asian J Exp Sci* 23:193–198.
- Voukantsis D, Karatzas KD, Damialis A, & Vokou D (2010a) Forecasting airborne pollen concentration of Poaceae (Grass) and Oleaceae (Olive), using Artificial Neural Networks and Genetic algorithms, in Thessaloniki, Greece. In: *The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. Barcelona, pp 1–6
- Voukantsis D, Niska H, Karatzas K, Riga M, Damialis A, & Vokou D (2010b) Forecasting daily pollen concentrations using data-driven modeling methods in Thessaloniki, Greece. *Atmos Environ* 44:5101–5111. doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.09.006
- Zhang Y, Bielory L, Cai T, Mi Z, & Georgopoulos P (2015) Predicting onset and duration of airborne allergenic pollen season in the United States. *Atmos Environ* 103:297–306. doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.12.019

Anexo 1.B Estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos aerovagantes donde se han aplicado modelos basados en los procesos fenológicos (1998-2015).

Presentación

Modelos predictivos (ordenados alfabéticamente) basados en los procesos fenológicos recopilados del periodo 1998-2015.

Por columnas se muestra: el nombre del modelo, tipo de bioaerosol modelado o taxon, parámetro modelado y referencia bibliográfica.

Abreviaturas

+: El método presenta dos variaciones, con el promedio de las temperaturas máximas y la suma de la temperatura máxima.

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
Alternativo	<i>Acer</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998) Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Ambrosia</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Artemisia</i>		
	<i>Buxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Carpinus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Castanea</i>		
	<i>Juglans</i>		
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Platanus</i>		
	<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Taxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
<i>Ulmus</i>			
Días de grados de crecimiento (°GDD)	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Frenguelli & Bricchi (1998) González-Parrado <i>et al.</i> (2006)
	<i>Ambrosia</i>	Duración del periodo Inicio del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)
	<i>Artemisia</i>	Duración del periodo Inicio del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)
	<i>Betula</i>	Duración del periodo Inicio del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)
	<i>Corylus</i>	Inicio del periodo	Frenguelli & Bricchi (1998)
	Cupressaceae	Fin del periodo	Malaspina <i>et al.</i> (2007)
		Inicio del periodo	Fuertes-Rodríguez <i>et al.</i> (2007) Malaspina <i>et al.</i> (2007)
	<i>Olea</i>	Día pico	Achmakh <i>et al.</i> (2015)
		Inicio del periodo	Achmakh <i>et al.</i> (2015) Galán <i>et al.</i> (2001) Galán <i>et al.</i> (2005)
	<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Alcázar <i>et al.</i> (2011)
	Poaceae	Duración del periodo Inicio del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)
	<i>Populus</i>	Inicio del periodo	Frenguelli & Bricchi (1998)
	<i>Quercus</i>	Duración del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2015)
		Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2000) García-Mozo <i>et al.</i> (2006) Kasprzyk (2009) Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2004b) Zhang <i>et al.</i> (2015)
	<i>Salix</i> <i>Ulmus</i>	Inicio del periodo	Frenguelli & Bricchi (1998)
Estado de función forzada	Poaceae	Día pico Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2009)
Forc PO	<i>Olea</i>	Día pico Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2009)
Forzado de Sarvas	<i>Aesculus</i>		
	<i>Alnus</i>		
	<i>Betula</i>		
	<i>Buxus</i>		
	<i>Carpinus</i>		
	<i>Castanea</i>		
	<i>Corylus</i>		
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999) Osborne <i>et al.</i> (2000)
<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999)	
<i>Taxus</i>			
<i>Ulmus</i>			

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
Forzado unificado	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Osborne <i>et al.</i> (2000)
Horas de grados de crecimiento (°GDH)	<i>Betula</i>	Duración del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2014)
		Inicio del periodo	
	<i>Quercus</i>	Duración del periodo	Zhang <i>et al.</i> (2014)
Método de la hora fría		Inicio del periodo	
	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	González-Parrado <i>et al.</i> (2006)
	Cupressaceae	Inicio del periodo	Fuertes-Rodríguez <i>et al.</i> (2007)
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2004a)
	<i>Quercus</i>	Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2000)
Método del día frío		Inicio del periodo	
	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2003)
	<i>Corylus</i>	Inicio del periodo	Rodríguez-Rajo <i>et al.</i> (2005)
		Inicio del periodo	Novara <i>et al.</i> (2016)
		Inicio del periodo	
Paralelo	<i>Acer</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Alnus</i>		
	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Ambrosia</i>		
	<i>Artemisia</i>		
	<i>Buxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> 1998)
	<i>Carpinus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> 2015)
	<i>Castanea</i>		
	<i>Juglans</i>		
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
			Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Taxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Ulmus</i>		
Paralelo del tiempo térmico	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999)
	<i>Alnus</i>		
	<i>Betula</i>		
	<i>Buxus</i>		
	<i>Carpinus</i>		
	<i>Castanea</i>		
	<i>Corylus</i>		
	<i>Olea</i>		
	<i>Platanus</i>		
	<i>Taxus</i>		
	<i>Ulmus</i>		
	Paralelo Sarvas	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo
<i>Alnus</i>			
<i>Betula</i>			
<i>Buxus</i>			
<i>Carpinus</i>			
<i>Castanea</i>			
<i>Corylus</i>			
<i>Olea</i>			
<i>Platanus</i>			
<i>Taxus</i>			
<i>Ulmus</i>			
Primavera cálida		<i>Acer</i>	Inicio del periodo
	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
			Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Ambrosia</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Artemisia</i>		
	<i>Buxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Carpinus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Castanea</i>		

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
Q10 Secuencial	<i>Juglans</i>		
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998) Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Taxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Ulmus</i>		
	Poaceae	Inicio del periodo	Laaidi (2001a)
	<i>Acer</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Alnus</i>		
	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Ambrosia</i>		
	<i>Artemisia</i>		
	<i>Buxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Carpinus</i>	Inicio del periodo	Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Castanea</i>		
	<i>Juglans</i>		
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
	<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998) Siniscalco <i>et al.</i> (2015)
	<i>Taxus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1998)
<i>Ulmus</i>			
Secuencial del tiempo térmico	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999)
	<i>Alnus</i>		
	<i>Betula</i>		
	<i>Buxus</i>		
	<i>Carpinus</i>		
	<i>Castanea</i>		
	<i>Corylus</i>		
	<i>Olea</i>		
	<i>Platanus</i>		
	<i>Taxus</i>		
	<i>Ulmus</i>		
Secuencial Sarvas	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999)
	<i>Alnus</i>		
	<i>Betula</i>		
	<i>Buxus</i>		
	<i>Carpinus</i>		
	<i>Castanea</i>		
	<i>Corylus</i>		
	<i>Olea</i>		
	<i>Platanus</i>		
	<i>Taxus</i>		
	<i>Ulmus</i>		
Suma de temperatura	<i>Ambrosia</i>	Duración del periodo Inicio del periodo	Laaidi <i>et al.</i> (2003)
	<i>Betula</i>	Inicio del periodo	Laaidi (2001b)
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Galán <i>et al.</i> (2001)
	<i>Plantago</i>	Inicio del periodo	González-Parrado <i>et al.</i> (2014)
	Poaceae	Inicio del periodo	Laaidi (2001a) Myszkowska (2014)
	<i>Quercus</i>	Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2000) +
Suma de temperatura de doble umbral	<i>Betula</i>	Duración del periodo	Linkosalo <i>et al.</i> (2010)
Tiempo de forzado térmico	<i>Aesculus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999)
	<i>Alnus</i>		
	<i>Betula</i>		
	<i>Buxus</i>		
	<i>Carpinus</i>		
	<i>Castanea</i>		

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
	<i>Corylus</i>		
	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999) Osborne <i>et al.</i> (2000)
	<i>Platanus</i>	Inicio del periodo	Chuine <i>et al.</i> (1999)
	<i>Taxus</i>		
	<i>Ulmus</i>		
Tiempo térmico	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Osborne <i>et al.</i> (2000)
Unidades de calor	<i>Olea</i>	Inicio del periodo	Galán <i>et al.</i> (2001)
	<i>Quercus</i>	Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2002)
Unidades de forzado y frio	<i>Alnus</i>	Inicio del periodo	Pauling <i>et al.</i> (2014)
	<i>Betula</i>		
	<i>Corylus</i>		
	<i>Fraxinus</i>		
	Poaceae		
	<i>Quercus</i>	Día pico Inicio del periodo	García-Mozo <i>et al.</i> (2008)
Unidades de frio	<i>Olea</i>	Día pico	Orlandi <i>et al.</i> (2006)

Referencias bibliográficas del anexo 1.B

- Achmakh L, Bouziane H, Aboulaich N, Trigo MM, Janati A, & Kadiri M (2015) Airborne pollen of *Olea europaea* L. in Tetouan (NW Morocco): heat requirements and forecasts. *Aerobiologia* 31:191–199. doi: 10.1007/s10453-014-9356-0
- Alcázar P, García-Mozo H, Trigo MM, Ruiz L, González-Minero FJ, Hidalgo P, Díaz de la Guardia C, & Galán C (2011) *Platanus* pollen season in Andalusia (southern Spain): trends and modeling. *J Environ Monit* 13:2502. doi: 10.1039/c1em10355e
- Chuine I, Cour P, & Rousseau DD (1998) Fitting models predicting dates of flowering of temperate-zone trees using simulated annealing. *Plant Cell Environ* 21:455–466. doi: 10.1046/j.1365-3040.1998.00299.x
- Chuine I, Cour P, & Rousseau DD (1999) Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant Cell Environ* 22:1–13. doi: 10.1046/j.1365-3040.1999.00395.x
- Frenguelli G, & Bricchi E (1998) The use of the pheno-climatic model for forecasting the pollination of some arboreal taxa. *Aerobiologia* 14:39–44. doi: 10.1007/BF02694593
- Fuertes-Rodríguez CR, González-Parrado Z, Vega-Maray AM, Valencia-Barrera RM, & Fernández-González D (2007) Effect of air temperature on forecasting the start of Cupressaceae pollen type in Ponferrada (Leon, Spain). *Ann Agric Environ Med* 14:237.
- Galán C, García-Mozo H, Cariñanos P, Alcázar P, & Domínguez-Vilches E (2001) The role of temperature in the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in southwestern Spain. *Int J Biometeorol* 45:8–12. doi: 10.1007/s004840000081
- Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, & Trigo MM (2005) Heat requirement for the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *Int J Biometeorol* 49:184–188. doi: 10.1007/s00484-004-0223-5
- García-Mozo H, Chuine I, Aira MJ, Belmonte J, Bermejo D, Díaz de la Guardia C, Elvira B, Gutiérrez M, Rodríguez-Rajo J, Ruiz L, Trigo MM, Tormo R, Valencia R, & Galán C (2008) Regional phenological models for forecasting the start and peak of the *Quercus* pollen season in Spain. *Agric For Meteorol* 148:372–380. doi: 10.1016/j.agrformet.2007.09.013
- García-Mozo H, Galán C, Aira MJ, Belmonte J, Díaz de la Guardia C, Fernández D, Gutierrez AM, Rodriguez FJ, Trigo MM, & Dominguez-Vilches E (2002) Modelling start of oak pollen season in different climatic zones in Spain. *Agric For Meteorol* 110:247–257. doi: 10.1016/S0168-1923(02)00003-5
- García-Mozo H, Galán C, Gomez-Casero MT, & Dominguez E (2000) A comparative study of different temperature accumulation methods for predicting the start of the *Quercus* pollen season in Cordoba (South West Spain). *Grana* 39:194–199. doi: 10.1080/00173130051084322

- 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, & Dominguez-Vilches E (2006) *Quercus* pollen season dynamics in the Iberian Peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change. *Ann Agric Environ Med* 13:209.
- García-Mozo H, Orlandi F, Galán C, Fornaciari M, Romano B, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, Trigo MM, & Chuine I (2009) Olive flowering phenology variation between different cultivars in Spain and Italy: modeling analysis. *Theor Appl Climatol* 95:385–395. doi: 10.1007/s00704-008-0016-6
- González-Parrado Z, Fuertes-Rodríguez CR, Vega-Maray AM, Valencia-Barrera RM, Rodríguez-Rajo FJ, & Fernández-González D (2006) Chilling and heat requirements for the prediction of the beginning of the pollen season of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner in Ponferrada (León, Spain). *Aerobiologia* 22:47–53. doi: 10.1007/s10453-005-9008-5
- González-Parrado Z, Valencia-Barrera RM, Vega-Maray AM, Fuertes-Rodríguez CR, & Fernández-González D (2014) The weak effects of climatic change on *Plantago* pollen concentration: 17 years of monitoring in Northwestern Spain. *Int J Biometeorol* 58:1641–1650. doi: 10.1007/s00484-013-0768-2
- Kasprzyk I (2009) Forecasting the start of *Quercus* pollen season using several methods – the evaluation of their efficiency. *Int J Biometeorol* 53:345–353. doi: 10.1007/s00484-009-0221-8
- Laaidi M (2001a) Forecasting the start of the pollen season of Poaceae: evaluation of some methods based on meteorological factors. *Int J Biometeorol* 45:1–7. doi: 10.1007/s004840000079
- Laaidi M (2001b) Regional variations in the pollen season of *Betula* in Burgundy: two models for predicting the start of the pollination. *Aerobiologia* 17:247–254. doi: 10.1023/A:1011899603453
- Laaidi M, Thibaudon M, & Besancenot J-P (2003) Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the area of Lyon (France). *Int J Biometeorol* 48:65–73. doi: 10.1007/s00484-003-0182-2
- Linkosalo T, Ranta H, Oksanen A, Siljamo P, Luomajoki A, Kukkonen J, & Sofiev M (2010) A double-threshold temperature sum model for predicting the flowering duration and relative intensity of *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Agric For Meteorol* 150:1579–1584. doi: 10.1016/j.agrformet.2010.08.007
- Malaspina TT, Cecchi L, Morabito M, Onorari M, Domeneghetti MP, & Orlandini S (2007) Influence of meteorological conditions on male flower phenology of *Cupressus sempervirens* and correlation with pollen production in Florence. *Trees* 21:507–514. doi: 10.1007/s00468-007-0143-1
- Myszkowska D (2014) Poaceae pollen in the air depending on the thermal conditions. *Int J Biometeorol* 58:975–986. doi: 10.1007/s00484-013-0682-7
- Novara C, Falzoi S, Morgia VL, Spanna F, & Siniscalco C (2016) Modelling the pollen season start in *Corylus avellana* and *Alnus glutinosa*. *Aerobiologia* 32:555–569. doi: 10.1007/s10453-016-9432-8
- Orlandi F, Lanari D, Romano B, & Fornaciari M (2006) New model to predict the timing of olive (*Olea europaea*) flowering: A case study in central Italy. *N Z J Crop Hortic Sci* 34:93–99. doi: 10.1080/01140671.2006.9514392
- Osborne CP, Chuine I, Viner D, & Woodward FI (2000) Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant Cell Environ* 23:701–710. doi: 10.1046/j.1365-3040.2000.00584.x
- Pauling A, Gehrig R, & Clot B (2014) Toward optimized temperature sum parameterizations for forecasting the start of the pollen season. *Aerobiologia* 30:45–57. doi: 10.1007/s10453-013-9308-0
- Rodríguez-Rajo FJ, Dacosta N, & Jato V (2004a) Airborne olive pollen in Vigo (Northwest Spain): a survey to forecast the onset and daily concentrations of the pollen season. *Grana* 43:101–110. doi: 10.1080/00173130410019622
- Rodríguez-Rajo FJ, Dopazo A, & Jato V (2004b) Environmental factors affecting the start of pollen season and concentrations of airborne *Alnus* pollen in two localities of Galicia (NW Spain). *Ann Agric Environ Med* 11:35–44.
- Rodríguez-Rajo FJ, Frenguelli G, & Jato V (2003) The influence of air temperature on the starting date of *Quercus* pollination in the South of Europe. *Grana* 42:145–152. doi: 10.1080/00173130310016130
- Rodríguez-Rajo FJ, Méndez J, & Jato V (2005) Factors affecting pollination ecology of *Quercus* anemophilous species in north-west Spain. *Bot J Linn Soc* 149:283–297. doi: 10.1111/j.1095-8339.2005.00460.x

- Siniscalco C, Caramiello R, Migliavacca M, Busetto L, Mercalli L, Colombo R, & Richardson AD (2015) Models to predict the start of the airborne pollen season. *Int J Biometeorol* 59:837–848. doi: 10.1007/s00484-014-0901-x
- Zhang Y, Bielory L, Cai T, Mi Z, & Georgopoulos P (2015) Predicting onset and duration of airborne allergenic pollen season in the United States. *Atmos Environ* 103:297–306. doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.12.019
- Zhang Y, Bielory L, & Georgopoulos PG (2014) Climate change effect on *Betula* (birch) and *Quercus* (oak) pollen seasons in the United States. *Int J Biometeorol* 58:909–919. doi: 10.1007/s00484-013-0674-7

Anexo 1.C Estudios aerobiológicos de polen y esporas de hongos aerovagantes donde se han aplicado “Otros modelos” (1998-2015).

Presentación

Modelos predictivos (ordenados alfabéticamente) correspondientes a la clasificación “Otros Modelos” recopilados del periodo 1998-2015.

Por columnas se muestra: el nombre del modelo, tipo de bioaerosol modelado o taxon, parámetro modelado y referencia bibliográfica.

Abreviaturas

***: Estiman la concentración por umbrales.

Aspec.-Penic.: Aspergillus-Penicillium.

¹ polen o esporas de hongos sin especificar.

Modelo	Taxon	Parámetro modelado	Referencia bibliográfica
Índice taxonómico	<i>Quercus</i>	Inicio del periodo	Kasprzyk (2009)
Índice bioclimático	Polen ¹	Duración del periodo	Valencia-Barrera <i>et al.</i> (2002)
	<i>Quercus</i>	Inicio del periodo	Kasprzyk (2009)
Kriging	<i>Acer</i>	Estimación espacial	DellaValle <i>et al.</i> (2012)
	<i>Olea</i>	Estimación espacial	Alba <i>et al.</i> (2006)
	Poaceae	Estimación espacial	DellaValle <i>et al.</i> (2012)
	<i>Quercus</i>		
	Polen de árboles ¹ Polen de hierbas ¹		
Krigin-Regresión lineal-Autocorrección espacial	<i>Olea</i>	Estimación espacial	Rojo <i>et al.</i> (2016)
Longitudinal	<i>Acer</i>	Estimación espacial	DellaValle <i>et al.</i> (2012)
	Poaceae		
	<i>Quercus</i>		
	Polen de árboles ¹ Polen de hierbas ¹		
Método de la estación más cercana	<i>Acer</i>	Estimación espacial	DellaValle <i>et al.</i> (2012)
	Poaceae		
	<i>Quercus</i>		
	Polen de árboles ¹ Polen de hierbas ¹		
Modelo de regresión del uso del suelo	<i>Asper.-Penic.</i>	Estimación espacial	Kallawicha <i>et al.</i> (2015)
	<i>Cladosporium</i>		
	Esporas de hongos ¹		
Predicción basado en las medias diarias	Poaceae	Inicio del periodo	Tassan-Mazzocco <i>et al.</i> (2015)
		Concentración diaria	
		Concentración semanal	
	Urticaceae	Inicio del periodo	Tassan-Mazzocco <i>et al.</i> (2015)
		Concentración diaria	
		Concentración semanal	
Vecino más cercano	<i>Ambrosia</i>	Concentración diaria	Matyasovszky & Makra (2012) ***

Referencias bibliográficas del anexo 1.C

- Alba F, Nieto-Lugilde D, Comtois P, Díaz de la Guardia C, De Linares C, & Ruiz L (2006) Airborne-pollen map for *Olea europaea* L. in eastern Andalusia (Spain) using GIS: Estimation models. *Aerobiologia* 22:109–118. doi: 10.1007/s10453-006-9024-0
- DellaValle CT, Triche EW, & Bell ML (2012) Spatial and temporal modeling of daily pollen concentrations. *Int J Biometeorol* 56:183–194. doi: 10.1007/s00484-011-0412-y
- Kallawicha K, Tsai Y-J, Chuang Y-C, Lung S-CC, Wu C-D, Chen T-H, Chen P-C, Chompuchan C, & Chao HJ (2015) The spatiotemporal distributions and determinants of ambient fungal spores in the Greater Taipei area. *Environ Pollut* 204:173–180. doi: 10.1016/j.envpol.2015.04.020
- Kasprzyk I (2009) Forecasting the start of *Quercus* pollen season using several methods – the evaluation of their efficiency. *Int J Biometeorol* 53:345–353. doi: 10.1007/s00484-009-0221-8
- Matyasovszky I, & Makra L (2012) Estimating extreme daily pollen loads for Szeged, Hungary using previous-day meteorological variables. *Aerobiologia* 28:337–346. doi: 10.1007/s10453-011-9238-7
- Rojo J, Orlandi F, Pérez-Badía R, Aguilera F, Ben Dhiab A, Bouziane H, Díaz de la Guardia C, Galán C, Gutiérrez-Bustillo AM, Moreno-Grau S, Msallem M, Trigo MM, & Fornaciari M (2016) Modeling olive pollen intensity in the Mediterranean region through analysis of emission sources. *Sci Total Environ* 551–552:73–82. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.193
- Tassan-Mazzocco F, Felluga A, & Verardo P (2015) Prediction of wind-carried Gramineae and Urticaceae pollen occurrence in the Friuli Venezia Giulia region (Italy). *Aerobiologia* 31:559–574. doi: 10.1007/s10453-015-9386-2
- Valencia-Barrera R, Comtois P, & Fernández-González D (2002) Bioclimatic indices as a tool in pollen forecasting. *Int J Biometeorol* 46:171–175. doi: 10.1007/s00484-002-0138-y

Anexo 1.D Estudios de dispersión de polen y esporas y sus respectivos módulos con escala desde meso-escalar hasta larga distancia (1998-2015).

Presentación

Modelos de dispersión (ordenados alfabéticamente) de aplicación desde una escala meso hasta una escala de larga distancia, recopilados del periodo 1998-2015.

Por columnas, se muestra: el nombre del modelo de dispersión, tipo de bioaerosol modelado o taxon, modelo meteorológico, módulo de emisión, área potencial o mapa forestal, configuración de salida del modelo de dispersión (especificando las dimensiones de la resolución y altitud o número de capas verticales) y, localización y referencia bibliográfica.

Abreviaturas

ACDEP: Atmospheric Chemistry and Deposition.	HYSPPLIT: Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model.
AGROCLIM: Management of the national agro-climatic network of INRA.	IFS: Integrated Forecast System.
AIMS: Integrated Aerobiology Modeling System.	KAMM: Meteorological Model of Institute for meteorology and climate research.
AMeDAS: Automated Meteorological Data Acquisition System.	LOTOS-EUROS: Long Term Ozone Simulation - European Operational Smog.
ANN: Redes Neuronales Artificiales.	LULC: Land Use and Land Cover.
ARL: Air Resources Laboratory.	LWC: London Weather Centre.
ART: Aerosols and Reactive Traces Gases.	MATCH: Mesoscale Atmospheric Transport and CHemistry.
BEIS: Biogenic Emissions Inventory System.	MEGAN: Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature.
BELD3: Biogenic Emissions Landcover Database version 3.1.	METRAS: Meteorological institute mesoscale model, University of Hamburg.
BKG: Federal Agency for Cartography and Geodesy.	MMS: Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model.
CALMET: diagnostic meteorological model in 3 dimensions.	MOCAGE: multiscale global chemistry and transport model.
CHENO.- AMARA.: Chenopodiaceae – Amaranthaceae.	NASS CDL: National Agriculture Statistics Service Cropland Data Layer.
CHIRIME: chemistry-transport model.	NCAR: National Center for Atmospheric Research.
CLC: Corine Land Cover.	NCEP: National Center for Environmental Prediction.
CLIMINRA: Clima of the French National Institute for Agricultural Research.	NEXRAD: Next-Generation Radar.
CMAQ: Community Multi-scale Air Quality Model.	NLCD: National Land Cover Data.
COAMPS: Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System.	NR: No Reportado.
CORINE: Coordinate information on the environment.	NRCS: Natural Resource Conservation Service.
COSMO: Consortium for Small Scale Modeling.	NWS: National Weather Service.
DLM: Land-use data of the core region.	PELCOM: land-cover data set and the Pan-European Land Cover Mapping.
ECMWF: European Centre of Medium Range Weather Forecast.	RCR: Regular Cycle Reference.
EMEP: European Monitoring and Evaluation Programme.	SILAM: System for integrated modelling of atmospheric composition.
Eta: Meteorological model of the NCEP's.	STaMPS: The Simulator of the Timing and Magnitude of Pollen Season.
EURAD-IM: European Air Pollution and Dispersion—Inverse Model.	THOR: Integrated Air Pollution Forecast System.
FE: Factor de emisión.	USGS: U.S. Geological Survey.
FIA: Forest Inventory and Analysis data.	WMO: World Meteorological Organisation.
FNL: Final.	WRF: Weather Research and Forecasting.
GDAS: Global Data Analysis System.	¹ polen o esporas de hongos sin especificar.
GDD: Growing Degree Days.	
GFS: Global Forecast System.	
GLC 2000: Global Land Cover 2000.	
HIRLAN: High Resolution Limited Area Model.	

Modelo de dispersión	Taxon	Módulo				Localización y Referencia bibliográfica
		Modelo meteorológico ①	Módulo de emisión ②	Mapa forestal o de área potencial ③	Configuración de salida ④	
ACDEP	<i>Ambrosia</i>	THOR y modelo Eta	NA, backward	NA, backward	39X39 km, 800msnm	Región balcánica (Šikoparija <i>et al.</i> 2009) Poznan, Polonia (Smith <i>et al.</i> 2008) Polonia (Stach <i>et al.</i> 2007) Rzeszów, Kraków and Poznań, Polonia (Kasprzyk <i>et al.</i> 2011)
	<i>Betula</i>	THOR y modelo Eta	NA, backward	NA, backward	39X39 km, 800msnm	Copenhague, Dinamarca (Skjøth <i>et al.</i> 2007) Copenhague, Dinamarca (Skjøth <i>et al.</i> 2008) Londres, UK (Skjøth <i>et al.</i> 2009)
AIMS	<i>Phakopsora</i>	NCEP/NCAR: NWS, NEXRAD	FE asociado con el viento, la precipitación y el porcentaje de área infectada con roya	Hectáreas de soja cultivada reportadas por la National Agricultural Statistical Service and Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs	10X10km, con 8 niveles de presión	Sureste de EE UU (Isard <i>et al.</i> 2007)
				Área infectada con <i>Phakopsora</i>		
ART model	<i>Ambrosia</i>	Modelo COSMO	FE asociado con la fuerza del viento	Mapa forestal	7X7 km, 40 capas máx. nivel 24 km	Alemania (Zink <i>et al.</i> 2012)
	<i>Betula</i>	Modelos IFS y COSMO	Parametrización con temperatura, humedad y velocidad del viento (u*) para la emisión (K _e). Tiene en cuenta la producción total de polen por árbol en los diferentes periodos de floración (C _e)	Uso del suelo del inventario forestal nacional	7X7 km, 40 capas máx. nivel 24 km	Suiza (Vogel <i>et al.</i> 2008)
	Esporas de hongos ¹	Modelo COSMO	FE asociado al uso del suelo FE asociado con la humedad específica de la superficie, índice de área foliar y el uso del suelo	Base de datos GLC 2000 Base de datos GLC 2000	0.125x0.125°, 40 capas máx. nivel 24 km 0.125x0.125°, 40 capas máx. nivel 24 km	Europa (Hummel <i>et al.</i> 2015) Europa (Hummel <i>et al.</i> 2015)
CALPUFF	<i>Olea</i>	COAMPS	FE asociado con °GDD	Imágenes satelitales (1:50000) y Gtopo30	1x1 km	Córdoba, España (Hidalgo <i>et al.</i> 2002)
	<i>Phakopsora</i>	MM5, CALMET	FE calculado en diseño experimental	Área experimental de 12m de diámetro con una área central de 6x6 m con gramíneas infestadas	2.5X2.5 km, 0.5 m	Oregon, EE UU (Pfender <i>et al.</i> 2006)
CHIRIME	<i>Betula</i>	Preprocesador interno	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	0.15x0.15°, 91 capas	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
CMAQ	<i>Ambrosia</i>	MM5	Parametrización con la temperatura, la humedad y velocidad del viento (U*) para la emisión	LULC de USGS, BELD3	12x12 km, 29 capas desde 20m de la superficie a 50 mb nivel	EE UU oriental (Efstathiou <i>et al.</i> 2011)

Modelo de dispersión	Taxon	Módulo			Configuración de salida	Localización y Referencia bibliográfica
		Modelo meteorológico ①	Módulo de emisión ②	Mapa forestal o de área potencial ③		
			(K _e) y estado fenológico (C _e)			
	<i>Betula</i>	MM5	Parametrización con la temperatura, la humedad y velocidad del viento (U*) para la emisión (K _e) y estado fenológico (C _e)	LULC de USGS, BELD4	12x12 km, 29 capas desde 20m de la superficie a 50 mb nivel	EE UU oriental (Efstathiou <i>et al.</i> 2011)
		WRF	STaMPS	Fracción vegetal y uso del suelo de la base de datos del NLCD, FIA, NRCS CDL/NASS	4X4 km, 29 capas desde 40m de la superficie hasta 50 mb nivel	Sur de Carolina, EE UU (Zhang <i>et al.</i> 2014)
	<i>Bromus</i> <i>Juglans</i> <i>Morus</i> <i>Olea</i> <i>Platanus</i> <i>Quercus</i>	WRF	STaMPS	Fracción vegetal y uso del suelo de la base de datos del NLCD, FIA, NRCS CDL/NASS	4X4 km, 29 capas desde 40m de la superficie hasta 50 mb nivel	Sur de Carolina, EE UU (Zhang <i>et al.</i> 2014)
DRAIS	<i>Acer</i>	KAMM	Parametrización con la temperatura y velocidad del viento (u*) para la emisión (K _e) y resuspensión del polen (K _r)	Mapa forestal	4X4 km, 35 capas desde 14m hasta 450 m	Suroeste de Alemania (Helbig <i>et al.</i> 2004)
EMEP	<i>Betula</i>	Preprocesador interno	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	0.25x0.25°, 39-91 capas	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
Eularian Type diffusion model	<i>Cryptomeria</i>	AMeDAS	Parametrización con la temperatura, velocidad del viento y la calidad de la flor masculina	Mapas de vegetación (1:25000) e imágenes satelitales	10x10 km, 1 capa	Tohoku, Japón (Kawashima & Takahashi 1999)
EURAD-IM	<i>Betula</i>	WRF	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	15 km, 23 capas	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
HYSPLIT	<i>Alnus</i>	GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	1X1°, 500msnm	Worcester, UK (Skjøth <i>et al.</i> 2015a) Worcester, UK y Wrocław Polonia (Skjøth <i>et al.</i> 2015b)
		GDAS - FNL - ARL	NA, backward	NA, backward	NR, 1500msnm	Catalunya, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2015)
	<i>Alternaria</i>	ARL	NA, backward	NA, backward	1X1°, 500msnm	Copenhague, Dinamarca (Skjøth <i>et al.</i> 2012)
		GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	1X1°, 100msnm	Bajadoz, España (Fernández-Rodríguez <i>et al.</i> 2015)
					NR, 500msnm	Worcester, UK (Sadyś <i>et al.</i> 2015b)
	<i>Ambrosia</i>	ARL	NA, backward	NA, backward	1x1°, 500msnm	Szeged, Hungría (Makra <i>et al.</i> 2016)
		GDAS	NA, backward	NA, backward	1X1°, 100msnm	Turquía (Zemmer <i>et al.</i> 2012)
					1x1°, 500, 1000 y 1500msnm	Llanura panónica (Šikoparija <i>et al.</i> 2013)
		GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	1x1°, 500, 1000 y 1500msnm	Poznań, Polonia (Grewling <i>et al.</i> 2016)
					2.5X2.5°, NR	Copenhague y Vigord, Dinamarca (Sommer <i>et al.</i> 2015)
		GDAS - FNL	NA, backward	NA, backward	1x1°, 500 y 1500msnm	Catalunya, España (Fernández-Llamazares <i>et al.</i> 2012)
		GDAS - FNL - ARL	NA, backward	NA, backward	NR, 1500msnm	Catalunya, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2015)

Modelo de dispersión	Taxon	Módulo			Localización y Referencia bibliográfica	
		Modelo meteorológico ①	Módulo de emisión ②	Mapa forestal o de área potencial ③		Configuración de salida ④
		GFS	NA, backward	NA, backward	NR, 500 y 850 hPa	Región norte-central de Italia (Cecchi <i>et al.</i> 2007)
		NCEP	NA, backward	NA, backward	NR, 500, 1500 y 3000msnm	Región central de Italia (Cecchi <i>et al.</i> 2006)
		NR	NA, backward	NA, backward	NR, 500, 1500 y 3000msnm	Hungria (Makra & Pálfi 2007)
		WMO	NR	NR	1x1°, 500, 1000 y 1500msnm	Hamburgo, Alemania; Szeged, Hungría y Salónica, Grecia (Makra <i>et al.</i> 2010)
	Arecaceae	GDAS	NA, backward	NA, backward	NR, 100, 1500, 2500 y 3000msnm	Llanura panónica (Šikoparija <i>et al.</i> 2013)
	<i>Artemisia</i>	GDAS	NA, backward	NA, backward	NR, 100, 1500, 2500 y 3000msnm	Islas Canarias, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2011)
	<i>Betula</i>	GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	1X1°, 500msnm	Worcester, UK (Skjøth <i>et al.</i> 2015a)
		GDAS - FNL - ARL	NA, backward	NA, backward	NR, 1500msnm	Worcester, UK y Wrocław Polonia (Skjøth <i>et al.</i> 2015b)
		NCEP	NA, backward	NA, backward	200x200 km, 500, 1000 y 1500msnm	Catalunya, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2015)
		NR	NA, backward	NA, backward	NR, 500, 1000 y 1500msnm	Siauliai, Klaipeda y Vilnius, Lituania (Veriankaitė <i>et al.</i> 2010)
		NR	NA, backward	NA, backward	NR	Lituania (Šauliėnė & Veriankaitė 2006)
	<i>Botrytis</i>	CLIMINRA, US1116, AGROCLIM, F-84000 Avignon	NA, backward	NA, backward	NR, 1000, 1500 y 200msnm	Dinamarca (Mahura <i>et al.</i> 2007)
	<i>Carpinus</i>	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 0, 1000 y 3000msnm	Sudeste de Francia (Leyronas & Nicot 2013)
	<i>Carya</i>	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 0, 1000 y 3000msnm	Groenlandia (Rousseau <i>et al.</i> 2003)
	<i>Celtis</i>	NCEP	NA, backward	NA, backward	2.5X2.5°, con 17 niveles de presión	Mar de plata, Argentina (Gassmann & Pérez 2006)
	Cheno.-Amara.	GDAS	NA, backward	NA, backward	NR, 100, 1500, 2500 y 3000msnm	Isla Canaria, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2011)
	<i>Cladosporium</i>	GDAS	NA, backward	NA, backward	1x1°, 500msnm	Worcester, UK (Sadyś <i>et al.</i> 2015a)
	<i>Corylus</i>	GDAS - FNL - ARL	NA, backward	NA, backward	NR, 1500msnm	Worcester, UK (Sadyś <i>et al.</i> 2015a)
	Cyperaceae	GDAS	NA, backward	NA, backward	NR, 100, 1500, 2500 y 3000msnm	Catalunya, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2015)
	<i>Fagus</i>	GDAS - FNL - ARL	NA, backward	NA, backward	NR, 1500msnm	Islas Canarias, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2011)
		MM5	NA, backward	NA, backward	1x1 km, 1500msnm	Catalunya, España (Belmonte <i>et al.</i> 2008)
		NR	Na, backward	NA, backward	NR, 0, 1000 y 3000msnm	Groenlandia (Rousseau <i>et al.</i> 2003)
	<i>Ganoderma</i>	GDAS	NA, backward	NA, backward	1X1°	Groenlandia (Rousseau <i>et al.</i> 2003)
	<i>Juniperus</i>	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 10, 200, 500 m	Worcester, UK (Sadyś <i>et al.</i> 2014)
	<i>Nothofagus</i>	NCEP	NA, backward	NA, backward	NR, 10, 200, 500 m	EE UU (Van De Water & Levetin 2001)
	<i>Olea</i>	ECMWF	NA, backward	NA, backward	2.5X2.5°, 17 capas	Mar de plata, Argentina (Gassmann & Pérez 2006)
		GDAS	NA, backward	NA, backward	15x15 km, 8 capas (entre los 20m -6km)	Andalucía, España (Hernández-Ceballos <i>et al.</i> 2014b)
		GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	NR, 100, 1500, 2500 y 3000msnm	Islas Canarias, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2011)
		GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	1x1°, 200 y 500msnm	Bajadoz, España y Évora, Portugal (Fernández-Rodríguez <i>et al.</i> 2014)

Modelo de dispersión	Taxon	Módulo				Localización y Referencia bibliográfica
		Modelo meteorológico ①	Módulo de emisión ②	Mapa forestal o de área potencial ③	Configuración de salida ④	
		GDAS - FNL	NA, backward	NA, backward	NR, 100 y 800msnm (Intervalos de 100m)	Córdoba, España (Hernández-Ceballos <i>et al.</i> 2011b)
		GDAS - WRF - ARW	NA, backward	NA, backward	1X1°, 100, 300, 500, 700 y 1000msnm	Córdoba, España (Hernández-Ceballos <i>et al.</i> 2014a)
	<i>Phakopsora</i>	MM5	Factor de emisión (109 esporas/ha-d)	Empleo un espacio de 2x2° en Colombia donde se ha reportado <i>Phakopsora</i> y prueban con diferentes puntos de emisión (9-90)	1X1 km en EE UU, 40, 1000 y 5000msnm	Sureste de EE UU (Pan <i>et al.</i> 2006)
	<i>Pinus</i>	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 500, 1000 y 1500msnm	Kevo, Finlandia (Ertl <i>et al.</i> 2012)
	Poaceae	GDAS	NA, backward	NA, backward	NR, 100, 1500, 2500 y 3000msnm	Islas Canarias, España (Izquierdo <i>et al.</i> 2011)
	Poaceae	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 500, 1500 y 3000msnm	Hamburgo, Alemania; Szeged, Hungría y Salónica, Grecia (Makra <i>et al.</i> 2010)
	Polen ¹	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 0, 1000 y 3000msnm	Groenlandia (Rousseau <i>et al.</i> 2006, Rousseau <i>et al.</i> 2008)
	<i>Quercus</i>	GDAS	NA, backward	NA, backward	1x1°, 23 capas	Córdoba, España (Hernández-Ceballos <i>et al.</i> 2011a)
		GDAS - ARL	NA, backward	NA, backward	1X1°, 500msnm	Worcester, UK (Skjøth <i>et al.</i> 2015a)
					111x111 km, 500msnm	El Cabril y Córdoba, España (Hernández-Ceballos <i>et al.</i> 2015)
		MM5 y modelo Eta	Factor de emisión	Base de datos BELD3.1	12x12 km, NR	EE UU (Pasken & Pietrowicz 2005)
		NR	NA, backward	NA, backward	NR, 0, 1000 y 3000msnm	Groenlandia (Rousseau <i>et al.</i> 2003)
	<i>Tsuga</i>	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 0, 1000 y 3000msnm	Groenlandia (Rousseau <i>et al.</i> 2003)
	Urticaceae	NR	NA, backward	NA, backward	NR, 500, 1500 y 3000msnm	Hamburgo, Alemania; Szeged, Hungría y Salónica, Grecia (Makra <i>et al.</i> 2010)
LOTOS-EUROS	<i>Betula</i>	Preprocesador interno	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	0.5x0.25°, 69-91 capas por encima de 35km	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
MATCH	<i>Betula</i>	Preprocesador interno	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	0.2X0.2°, 91 capas	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
METRAS model	<i>Quercus</i>	Modelo METRAS	FE asociado al registro de polen, condiciones meteorológicas que establecen la emisión y deposición del polen	Datos de la DLM and DGM2000 de la BKG	500x500m, 32 capas	Norte de Alemania (Schueler & Schlünzen 2006)
MOCAGE	<i>Betula</i>	Preprocesador interno	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	0.125x0.125°, 91 capas	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
SILAM	<i>Ambrosia</i>	Preprocesador interno	Módulo de emisión del modelo SILAM	Mapa de Bullock <i>et al.</i> (2012)	0.2x0.2°, 8 capas por encima de 7km	Europa (Prank <i>et al.</i> 2013)
	<i>Betula</i>	HIRLAM	NA, backward	NA, backward	NR	Finlandia (Ranta <i>et al.</i> 2006)
					20x20 km, NR	Finlandia (Siljamo <i>et al.</i> 2007a)
					NR	Moscú, Rusia (Siljamo <i>et al.</i> 2007b)
		Preprocesador interno	NA, backward	NA, backward	30x30 km, 4km de altura (10 capas)	Siauliai, Klaipeda y Vilnius, Lituania (Veriankaitė <i>et al.</i> 2010)

Modelo de dispersión	Taxon	Módulo				Localización y Referencia bibliográfica
		Modelo meteorológico ①	Módulo de emisión ②	Mapa forestal o de área potencial ③	Configuración de salida ④	
				Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	75x75 km y 40x40km, de 2 a 20msnm	Región de Moscú y Finlandia (Siljamo <i>et al.</i> 2008)
			Módulo de emisión del modelo SILAM	CORINE, PELCOM y estudios forestales	1x1 km, 1capa	Finlandia (Sofiev <i>et al.</i> 2006)
				Mapa Europeo forestal de <i>Betula</i>	75x75 km y 40x40km, de 2 a 20msnm	Región de Moscú y Finlandia (Siljamo <i>et al.</i> 2008)
					0.125x0.125°, 40-91 capas por encima de 110 hPa	Europa (Sofiev <i>et al.</i> 2015)
	<i>Olea</i>	Preprocesador interno	NA, backward	NA, backward	15x15 km, 8 capas (20m - 6km)	Andalucía, España (Hernández-Ceballos <i>et al.</i> 2014b)

Referencias bibliográficas del anexo 1.D

- Belmonte J, Alarcón M, Avila A, Scialabba E, & Pino D (2008) Long-range transport of beech (*Fagus sylvatica* L.) pollen to Catalonia (north-eastern Spain). *Int J Biometeorol* 52:675–687. doi: 10.1007/s00484-008-0160-9
- Bullock J, Chapman D, Schafer S, Roy D, Girardello M, Haynes T, Beal S, Wheeler B, Dickie I, Phang R, Tinch R, Čivić K, Delbaere B, Jones-Walters L, Hilbert A, Schrauwen A, Prank M, Sofiev M, Niemelä S, Räisänen P, Lees B, Skinner S, Finch S, & Brough C (2012) Assessing and controlling the spread and the effects of common ragweed in Europe. NERC Centre for Ecology and Hydrology
- Cecchi L, Morabito M, Domeneghetti PM, Crisci A, Onorari M, & Orlandini S (2006) Long distance transport of ragweed pollen as a potential cause of allergy in central Italy. *Ann Allergy Asthma Immunol* 96:86–91. doi: 10.1016/S1081-1206(10)61045-9
- Cecchi L, Torrigiani TM, Albertini R, Zanca M, Ridolo E, Usberti I, Morabito M, Dall' PA, & Orlandini S (2007) The contribution of long-distance transport to the presence of *Ambrosia* pollen in central northern Italy. *Aerobiologia* 23:145–151. doi: 10.1007/s10453-007-9060-4
- Efstathiou C, Isukapalli S, & Georgopoulos P (2011) A mechanistic modeling system for estimating large-scale emissions and transport of pollen and co-allergens. *Atmos Environ* 45:2260–2276. doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.12.008
- Ertl C, Pessi A-M, Huusko A, Hicks S, Kubin E, & Heino S (2012) Assessing the proportion of “extra-local” pollen by means of modern aerobiological and phenological records — An example from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Finland. *Rev Palaeobot Palynol* 185:1–12. doi: 10.1016/j.revpalbo.2012.07.014
- Fernández-Llamazares Á, Belmonte J, Alarcón M, & López-Pacheco M (2012) *Ambrosia* L. in Catalonia (NE Spain): expansion and aerobiology of a new bioinvader. *Aerobiologia* 28:435–451. doi: 10.1007/s10453-012-9247-1
- Fernández-Rodríguez S, Sadyś M, Smith M, Tormo-Molina R, Skjøth CA, Maya-Manzano JM, Silva-Palacios I, & Gonzalo-Garijo Á (2015) Potential sources of airborne *Alternaria* spp. spores in South-west Spain. *Sci Total Environ* 533:165–176. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.031
- Fernández-Rodríguez S, Skjøth CA, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, Gonzalo-Garijo Á, & Smith M (2014) Identification of potential sources of airborne *Olea* pollen in the Southwest Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* 58:337–348. doi: 10.1007/s00484-012-0629-4
- Gassmann MI, & Pérez CF (2006) Trajectories associated to regional and extra-regional pollen transport in the southeast of Buenos Aires province, Mar del Plata (Argentina). *Int J Biometeorol* 50:280–291. doi: 10.1007/s00484-005-0021-8
- Grewling Ł, Bogawski P, Jenerowicz D, Czarnecka-Operacz M, Škoparija B, Skjøth CA, & Smith M (2016) Mesoscale atmospheric transport of ragweed pollen allergens from infected to uninfected areas. *Int J Biometeorol* 60:1493–1500. doi: 10.1007/s00484-016-1139-6
- Helbig N, Vogel B, Vogel H, & Fiedler F (2004) Numerical modelling of pollen dispersion on the regional scale. *Aerobiologia* 20:3–19. doi: 10.1023/B:AERO.0000022984.51588.30

- Hernández-Ceballos MA, García-Mozo H, Adame JA, Domínguez-Vilches E, Bolívar JP, De la Morena BA, Pérez-Badía R, & Galán C (2011a) Determination of potential sources of *Quercus* airborne pollen in Córdoba city (southern Spain) using back-trajectory analysis. *Aerobiologia* 27:261–276. doi: 10.1007/s10453-011-9195-1
- Hernández-Ceballos MA, García-Mozo H, Adame JA, Domínguez-Vilches E, De la Morena BA, Bolívar JP, & Galán C (2011b) Synoptic and meteorological characterisation of olive pollen transport in Córdoba province (south-western Spain). *Int J Biometeorol* 55:17–34. doi: 10.1007/s00484-010-0306-4
- Hernández-Ceballos MA, García-Mozo H, & Galán C (2015) Cluster analysis of intradiurnal holm oak pollen cycles at peri-urban and rural sampling sites in southwestern Spain. *Int J Biometeorol* 59:971–982. doi: 10.1007/s00484-014-0910-9
- Hernández-Ceballos MA, Skjøth CA, García-Mozo H, Bolívar JP, & Galán C (2014a) Improvement in the accuracy of back trajectories using WRF to identify pollen sources in southern Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* 58:2031–2043. doi: 10.1007/s00484-014-0804-x
- Hernández-Ceballos MA, Soares J, García-Mozo H, Sofiev M, Bolivar JP, & Galán C (2014b) Analysis of atmospheric dispersion of olive pollen in southern Spain using SILAM and HYSPLIT models. *Aerobiologia* 30:239–255. doi: 10.1007/s10453-013-9324-0
- Hidalgo PJ, Mangin A, Galán C, Hembise O, Vázquez LM, & Sanchez O (2002) An automated system for surveying and forecasting Olea pollen dispersion. *Aerobiologia* 18:23–31. doi: 10.1023/A:1014997310925
- Hummel M, Hoose C, Gallagher M, Healy DA, Huffman JA, O'Connor D, Pöschl U, Pöhlker C, Robinson NH, Schnaiter M, Sodeau JR, Stengel M, Toprak E, & Vogel H (2015) Regional-scale simulations of fungal spore aerosols using an emission parameterization adapted to local measurements of fluorescent biological aerosol particles. *Atmospheric Chem Phys* 15:6127–6146. doi: 10.5194/acp-15-6127-2015
- Isard SA, Barnes CW, Hambleton S, Ariatti A, Russo JM, Tenuta A, Gay DA, & Szabo LJ (2011) Predicting soybean rust incursions into the North American continental interior using crop monitoring, spore trapping, and aerobiological modeling. *Plant Dis* 95:1346–1357. doi: 10.1094/PDIS-01-11-0034
- Isard SA, Russo JM, & Ariatti A (2007) The integrated aerobiology modeling system applied to the spread of soybean rust into the Ohio River valley during September 2006. *Aerobiologia* 23:271–282. doi: 10.1007/s10453-007-9073-z
- Izquierdo R, Alarcon M, Periago C, & Belmonte J (2015) Is long range transport of pollen in the NW Mediterranean basin influenced by Northern Hemisphere teleconnection patterns? *Sci Total Environ* 532:771–779. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.06.047
- Izquierdo R, Belmonte J, Avila A, Alarcón M, Cuevas E, & Alonso-Pérez S (2011) Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands). *Int J Biometeorol* 55:67–85. doi: 10.1007/s00484-010-0309-1
- Kasprzyk I, Myszkowska D, Grewling Ł, Stach A, Šikoparija B, Skjøth CA, & Smith M (2011) The occurrence of *Ambrosia* pollen in Rzeszów, Kraków and Poznań, Poland: investigation of trends and possible transport of *Ambrosia* pollen from Ukraine. *Int J Biometeorol* 55:633–644. doi: 10.1007/s00484-010-0376-3
- Kawashima S, & Takahashi Y (1999) An improved simulation of mesoscale dispersion of airborne cedar pollen using a flowering-time map. *Grana* 38:316–324. doi: 10.1080/001731300750044555
- Leyronas C, & Nicot PC (2013) Monitoring viable airborne inoculum of *Botrytis cinerea* in the South-East of France over 3 years: relation with climatic parameters and the origin of air masses. *Aerobiologia* 29:291–299. doi: 10.1007/s10453-012-9280-0
- Mahura AG, Korsholm US, Baklanov AA, & Rasmussen A (2007) Elevated birch pollen episodes in Denmark: contributions from remote sources. *Aerobiologia* 23:171–179. doi: 10.1007/s10453-007-9061-3
- Makra L, Matyasovszky I, Tusnády G, Wang Y, Csépe Z, Bozóki Z, Nyúl LG, Erostyák J, Bodnár K, Sümeghy Z, Vogel H, Pauling A, Páldy A, Magyar D, Mányoki G, Bergmann K-C, Bonini M, Šikoparija B, Radišić P, Gehrig R, Seliger AK, Stjepanović B, Rodinkova V, Prikhodko A, Maleeva A, Severova E, Ščevková J, Ianovici N, Peternel R, & Thibaudon M (2016) Biogeographical estimates of allergenic pollen transport over regional scales: Common ragweed and Szeged, Hungary as a test case. *Agric For Meteorol* 221:94–110. doi: 10.1016/j.agrformet.2016.02.006

- Makra L, & Pálfi S (2007) Intra-regional and long-range ragweed pollen transport over southern Hungary. *Acta Climatol Chorol* 40–41:69–77.
- Makra L, Sánta T, Matyasovszky I, Damialis A, Karatzas K, Bergmann K-C, & Vokou D (2010) Airborne pollen in three European cities: Detection of atmospheric circulation pathways by applying three-dimensional clustering of backward trajectories. *J Geophys Res Atmospheres* 115:D24220. doi: 10.1029/2010JD014743
- Pan Z, Yang XB, Pivonia S, Xue L, Pasken R, & Roads J (2006) Long-term prediction of soybean rust entry into the continental United States. *Plant Dis* 90:840–846. doi: 10.1094/PD-90-0840
- Pasken R, & Pietrowicz JA (2005) Using dispersion and mesoscale meteorological models to forecast pollen concentrations. *Atmos Environ* 39:7689–7701. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.04.043
- Pfender W, Graw R, Bradley W, Carney M, & Maxwell L (2006) Use of a complex air pollution model to estimate dispersal and deposition of grass stem rust urediniospores at landscape scale. *Agric For Meteorol* 139:138–153. doi: 10.1016/j.agrformet.2006.06.007
- Prank M, Chapman DS, Bullock JM, Belmonte J, Berger U, Dahl A, Jäger S, Kovtunen I, Magyar D, Niemelä S, Rantio-Lehtimäki A, Rodinkova V, Sauliene I, Severova E, Sikoparija B, & Sofiev M (2013) An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe. *Agric For Meteorol* 182–183:43–53. doi: 10.1016/j.agrformet.2013.08.003
- Ranta H, Kubin E, Siljamo P, Sofiev M, Linkosalo T, Oksanen A, & Bondestam K (2006) Long distance pollen transport cause problems for determining the timing of birch pollen season in Fennoscandia by using phenological observations. *Grana* 45:297–304. doi: 10.1080/00173130600984740
- Rousseau D-D, Duzer D, Cambon G, Jolly D, Poulsen U, Ferrier J, Schevin P, & Gros R (2003) Long distance transport of pollen to Greenland. *Geophys Res Lett* 30:1765. doi: 10.1029/2003GL017539
- Rousseau D-D, Schevin P, Duzer D, Cambon G, Ferrier J, Jolly D, & Poulsen U (2006) New evidence of long distance pollen transport to southern Greenland in late spring. *Rev Palaeobot Palynol* 141:277–286. doi: 10.1016/j.revpalbo.2006.05.001
- Rousseau D-D, Schevin P, Ferrier J, Jolly D, Andreasen T, Ascanius SE, Hendriksen S-E, & Poulsen U (2008) Long-distance pollen transport from North America to Greenland in spring. *J Geophys Res Biogeosciences* 113:G02013. doi: 10.1029/2007JG000456
- Sadyś M, Kennedy R, & Skjøth CA (2015a) An analysis of local wind and air mass directions and their impact on *Cladosporium* distribution using HYSPLIT and circular statistics. *Fungal Ecol* 18:56–66. doi: 10.1016/j.funeco.2015.09.006
- Sadyś M, Skjøth CA, & Kennedy R (2015b) Determination of *Alternaria* spp. habitats using 7-day volumetric spore trap, Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory model and geographic information system. *Urban Clim* 14:429–440. doi: 10.1016/j.uclim.2014.08.005
- Sadyś M, Skjøth CA, & Kennedy R (2014) Back-trajectories show export of airborne fungal spores (*Ganoderma* sp.) from forests to agricultural and urban areas in England. *Atmos Environ* 84:88–99. doi: 10.1016/j.atmosenv.2013.11.015
- Šauliene I, & Veriankaite L (2006) Application of backward air mass trajectory analysis in evaluating airborne pollen dispersion. *J Environ Eng Landsc Manag* 14:113–120. doi: 10.1080/16486897.2006.9636887
- Schueler S, & Schlünzen KH (2006) Modeling of oak pollen dispersal on the landscape level with a mesoscale atmospheric model. *Environ Model Assess* 11:179–194. doi: 10.1007/s10666-006-9044-8
- Šikoparija B, Skjøth CA, Alm Kübler K, Dahl A, Sommer J, Grewling L, Radišić P, & Smith M (2013) A mechanism for long distance transport of *Ambrosia* pollen from the Pannonian Plain. *Agric For Meteorol* 180:112–117. doi: 10.1016/j.agrformet.2013.05.014
- Šikoparija B, Smith M, Skjøth CA, Radišić P, Milkovska S, Šimić S, & Brandt J (2009) The Pannonian plain as a source of *Ambrosia* pollen in the Balkans. *Int J Biometeorol* 53:263–272. doi: 10.1007/s00484-009-0212-9

- Siljamo P, Sofiev M, & Ranta H (2007a) An approach to simulation of long-range atmospheric transport of natural allergens: an example of birch pollen. In: Borrego C, & Norman A-L (eds) *Air Pollution Modeling and Its Application XVII*. Springer US, Boston, MA, pp 331–339
- Siljamo P, Sofiev M, Severova E, Ranta H, Kukkonen J, Polevova S, Kubin E, & Minin A (2008) Sources, impact and exchange of early-spring birch pollen in the Moscow region and Finland. *Aerobiologia* 24:211–230. doi: 10.1007/s10453-008-9100-8
- Siljamo P, Sofiev M, Severova E, Ranta H, & Polevova S (2007b) Chapter 7.4 On influence of long-range transport of pollen grains onto pollinating seasons. In: Renner CB, & Borrego C (eds) *Developments in Environmental Science*. Elsevier, pp 708–716
- Skjøth CA, Baker P, Sadyś M, & Adams-Groom B (2015a) Pollen from alder (*Alnus* sp.), birch (*Betula* sp.) and oak (*Quercus* sp.) in the UK originate from small woodlands. *Urban Clim* 14:414–428. doi: 10.1016/j.uclim.2014.09.007
- Skjøth CA, Bilińska D, Werner M, Malkiewicz M, Adams-Groom B, Kryza M, & Drzeniecka-Osiadacz A (2015b) Footprint areas of pollen from alder (*Alnus*) and birch (*Betula*) in the UK (Worcester) and Poland (Wrocław) during 2005–2014. *Acta Agrobot* 68:315–323. doi: 10.5586/aa.2015.044
- Skjøth CA, Smith M, Brandt J, & Emberlin J (2009) Are the birch trees in Southern England a source of *Betula* pollen for North London? *Int J Biometeorol* 53:75–86. doi: 10.1007/s00484-008-0192-1
- Skjøth CA, Sommer J, Brandt J, Hvidberg M, Geels C, Hansen KM, Hertel O, Frohn LM, & Christensen JH (2008) Copenhagen – a significant source of birch (*Betula*) pollen? *Int J Biometeorol* 52:453–462. doi: 10.1007/s00484-007-0139-y
- Skjøth CA, Sommer J, Frederiksen L, & Gosewinkel Karlson U (2012) Crop harvest in Denmark and Central Europe contributes to the local load of airborne *Alternaria* spore concentrations in Copenhagen. *Atmospheric Chem Phys* 12:11107–11123. doi: 10.5194/acp-12-11107-2012
- Skjøth CA, Sommer J, Stach A, Smith M, & Brandt J (2007) The long-range transport of birch (*Betula*) pollen from Poland and Germany causes significant pre-season concentrations in Denmark. *Clin Exp Allergy* 37:1204–1212. doi: 10.1111/j.1365-2222.2007.02771.x
- Smith M, Skjøth CA, Myszkowska D, Uruska A, Puc M, Stach A, Balwierz Z, Chlopek K, Piotrowska K, Kasprzyk I, & Brandt J (2008) Long-range transport of *Ambrosia* pollen to Poland. *Agric For Meteorol* 148:1402–1411. doi: 10.1016/j.agrformet.2008.04.005
- Sofiev M, Berger U, Prank M, Vira J, Arteta J, Belmonte J, Bergmann K-C, Chéroux F, Elbern H, Friese E, Galan C, Gehrig R, Khvorostyanov D, Kranenburg R, Kumar U, Marécal V, Meleux F, Menut L, Pessi A-M, Robertson L, Ritenberga O, Rodinkova V, Saarto A, Segers A, Severova E, Sauliène I, Siljamo P, Steensen BM, Teinmaa E, Thibaudon M, & Peuch V-H (2015) MACC regional multi-model ensemble simulations of birch pollen dispersion in Europe. *Atmospheric Chem Phys* 15:8115–8130. doi: 10.5194/acp-15-8115-2015
- Sofiev M, Siljamo P, Ranta H, & Rantio-Lehtimäki A (2006) Towards numerical forecasting of long-range air transport of birch pollen: theoretical considerations and a feasibility study. *Int J Biometeorol* 50:392–402. doi: 10.1007/s00484-006-0027-x
- Sommer J, Smith M, Šikoparija B, Kasprzyk I, Myszkowska D, Grewling Ł, & Skjøth C (2015) Risk of exposure to airborne *Ambrosia* pollen from local and distant sources in Europe – an example from Denmark. *Ann Agric Environ Med* 22:625–631. doi: 10.5604/12321966.1185764
- Stach A, Smith M, Skjøth CA, & Brandt J (2007) Examining *Ambrosia* pollen episodes at Poznań (Poland) using back-trajectory analysis. *Int J Biometeorol* 51:275–286. doi: 10.1007/s00484-006-0068-1
- Van De Water PK, & Levetin E (2001) Contribution of upwind pollen sources to the characterization of *Juniperus ashei* phenology. *Grana* 40:133–141. doi: 10.1080/00173130152625879
- Veriānkaitė L, Siljamo P, Sofiev M, Šaulienė I, & Kukkonen J (2010) Modelling analysis of source regions of long-range transported birch pollen that influences allergenic seasons in Lithuania. *Aerobiologia* 26:47–62. doi: 10.1007/s10453-009-9142-6

- Vogel H, Pauling A, & Vogel B (2008) Numerical simulation of birch pollen dispersion with an operational weather forecast system. *Int J Biometeorol* 52:805–814. doi: 10.1007/s00484-008-0174-3
- Zemmer F, Karaca F, & Ozkaragoz F (2012) Ragweed pollen observed in Turkey: Detection of sources using back trajectory models. *Sci Total Environ* 430:101–108. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.04.067
- Zhang R, Duhl T, Salam MT, House JM, Flagan RC, Avol EL, Gilliland FD, Guenther A, Chung SH, Lamb BK, & VanReken TM (2014) Development of a regional-scale pollen emission and transport modeling framework for investigating the impact of climate change on allergic airway disease. *Biogeosciences* 11:1461–1478. doi: 10.5194/bg-11-1461-2014
- Zink K, Vogel H, Vogel B, Magyar D, & Kottmeier C (2012) Modeling the dispersion of *Ambrosia artemisiifolia* L. pollen with the model system COSMO-ART. *Int J Biometeorol* 56:669–680. doi: 10.1007/s00484-011-0468-8

Capítulo 2

**Caracterización y clasificación espacio-temporal de
polen y esporas de hongos aerovagantes en Catalunya**

Resumen

La variabilidad estacional e interanual en las series aerobiológicas, dificultan las comparaciones espacio-temporales, así como el desarrollo de modelos predictivos debido principalmente al tipo de distribución que siguen estos datos. En este sentido, el presente capítulo se plantea como objetivos: 1) validar un modelo de distribución gamma que permita establecer comparaciones espaciales y temporales en las series anuales de polen y de esporas de hongos de Catalunya; y 2) establecer una clasificación genérica a partir del parámetro α del modelo. Se han analizado las series anuales de 29 tipos polínicos y 20 tipos fúngicos de ocho localidades de Catalunya. En general, los resultados obtenidos confirman que el parámetro α del modelo varía razonablemente de año a año, dependiendo de las condiciones meteorológicas, pero mostrando una buena estabilidad interanual y espacial. También se reporta que el taxon polínico Urticaceae y el taxon fúngico *Cladosporium* presentan la mayor estabilidad en sus series anuales tanto en la escala temporal como en la espacial. En cuanto a la clasificación genérica se obtuvieron cinco categorías de clasificación para polen y cinco para esporas de hongos. En la clasificación de los táxones polínicos se refleja la fuerte relación del parámetro α con la distribución ecológica (potencial y/o ornamental), mientras que la de las esporas de hongos se puede relacionar con el uso del suelo y el bioclima de la zona. Esta clasificación permite reducir el número de táxones empleados (uno por cada categoría) para el desarrollo de otros estudios, como por ejemplo en los modelos de predicción.

Capítulo 2 _____ 91

Caracterización y clasificación espacio-temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes en Catalunya	91
2.1. Introducción	93
2.2. Material y métodos	95
2.2.1. Datos aerobiológicos	95
2.2.2. Área de estudio	95
2.2.3. Método estadístico	95
2.3. Resultados y discusión	96
2.3.1. Polen	96
2.3.2. Esporas de hongos	101
2.4. Conclusión	110
2.5. Referencias bibliográficas	110
2.6. Anexos	115

2.1. Introducción

La dispersión de polen y esporas de hongos es un importante proceso biológico y ecológico cuya aplicación en la alergología y la agricultura se ha incrementado en los últimos años (Kuparinen *et al.* 2007, Orlandi *et al.* 2010, Matyasovszky & Makra 2011). La existencia de redes aerobiológicas está permitiendo construir series históricas de concentración de estos bioaerosoles, con registros superiores a 20 años como los reportados por Ziello *et al.* (2012). Estas series históricas han sido empleadas en un gran número de estudios para desarrollar modelos de predicción de concentraciones (Belmonte & Canela 2002, Chuine & Belmonte 2004, Rodríguez-Rajo *et al.* 2006, Iglesias *et al.* 2007, Puc 2012, Recio *et al.* 2012, Aboulaich *et al.* 2013, Sadyś *et al.* 2016), así como para analizar el transporte a larga distancia (Belmonte *et al.* 2000, 2008, Zink *et al.* 2012, Prank *et al.* 2013), identificar el origen potencial de las emisiones (Izquierdo *et al.* 2011, Fernández-Rodríguez *et al.* 2014) entre otros objetivos que ya han sido mencionados en el Capítulo 1.

Muchos de estos estudios aerobiológicos, en especial los que aplican modelos predictivos, han empleado métodos estadísticos que requieren el cumplimiento de una distribución normal, ausente en la mayoría de estos datos (Grinn-Gofroń & Strzelczak 2008a, 2008b, Astray *et al.* 2010, Scheifinger *et al.* 2013, Fernández-Llamazares *et al.* 2014). Generalmente, los datos aerobiológicos no se ajustan a una curva simétrica de distribución normal de tipo $\bar{x} \pm s$ (que abarca el 68% de los datos) o por una del tipo $\bar{x} \pm 2s$ (que equivale al 95%). Ésto se debe a que los datos aerobiológicos, debido a la estacionalidad de las emisiones, presentan un alto número de días nulos (o de concentración cero) o de concentraciones muy bajas, afectando al promedio y desviación estándar de la serie de datos (Limpert *et al.* 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, algunos autores han sugerido el uso de transformaciones preliminares en los datos (Stach *et al.* 2008, Dara 2013, Howard & Levetin 2014), por ejemplo transformaciones de la familia de Box-Cox (Shumway & Stoffer 2001), para acercar la distribución de las series aerobiológicas a una distribución normal. Frecuentemente se han empleado el logaritmo y la raíz cuadrada (Moseholm *et al.* 1987, Smith & Emberlin 2005, 2006, Stach *et al.* 2008, Matyasovszky & Makra 2011), siendo el primero el más utilizado pero reemplazando el uso de la función $y = \log x$ por $y = \log(x + 0.1)$ como una solución matemática para tratar los ceros de la series aerobiológicas. No obstante, la aplicación de una transformación logarítmica de los datos es equivalente a aplicar una distribución log normal a los mismos. Una de las desventajas del uso de las transformaciones preliminares para el desarrollo de los modelos predictivos es la posible incorporación de ruido (variabilidad en los resultados) a los datos iniciales y la compleja interpretación de los resultados obtenidos (Limpert *et al.* 2008, Grinn-Gofroń & Strzelczak 2008a, 2008b).

Otro aspecto relevante de la mayor parte de las series aerobiológicas anuales es el rápido incremento de las concentraciones en un periodo corto de tiempo (pocos días), que dificulta encontrar un modelo matemático que se ajuste a este hecho. Este último aspecto, junto con la variabilidad anual de los parámetros de inicio, fin y duración del periodo entre otros, generan que el análisis estadístico de las series de datos a lo largo del tiempo se deba realizar caso a caso. De hecho, estos análisis pueden ser más complejos si comparamos varios táxones, sobre todo si

presentan características del periodo diversas (ej: concentración, duración, etc.). Es por esto que la mayoría de los estudios aerobiológicos publicados se dedican al análisis de un solo taxon o de unos pocos con comportamiento aerobiológico similar (Anexos 1.A, 1.B y 1.C).

Comtois (2000) planteó el uso de una distribución gamma como un modelo universal que brinda una solución a estos inconvenientes, puesto que este modelo puede describir la distribución de una serie anual de polen y, adicionalmente, permite comparar dos o más táxones de dos o más localidades con pocas o grandes diferencias en su comportamiento.

Belmonte & Canela, en el año 2003, aplicaron la distribución gamma a una serie de datos polínicos obteniendo resultados satisfactorios, mientras que Kasprzyk & Walanus (2014) hallaron que para definir las curvas polínicas eran más efectivos los modelos Gaussiano y de función logística diferencial.

La distribución gamma consta de dos parámetros, uno relacionado con la forma de la curva (alfa - α), que no tiene unidades, y uno escalar que se corresponde con la amplitud o propagación de la curva (beta - β) y cuyas unidades son, en este caso, las mismas con la que se expresa la concentración (Belmonte & Canela 2003). El parámetro α se calcula como el inverso del cuadrado del coeficiente de variación de la serie de datos, por lo que su estabilidad a través del tiempo es un indicador de la variabilidad de la concentración del taxon estudiado; en este sentido, cuanto mayor sea el parámetro α , más homogénea será la concentración a lo largo de una serie anual de datos. Por otro lado, el parámetro β se calcula como el cuadrado de la desviación estándar dividido por la media y se puede considerar como un indicador de la duración estacional del taxon. Como β guarda una relación de proporcionalidad inversa con α , se puede estimar que a mayor valor de β , menor número de días con presencia del bioaerosol en una serie anual.

La nota técnica de Belmonte & Canela (2003) sirve de referencia para el presente capítulo, puesto que estuvo basada en la aplicación de la distribución gamma(α,β) con la misma base de datos aerobiológicos que se trabaja en esta tesis, sólo que para un periodo de tiempo mucho menor y sólo para polen.

Teniendo en cuenta las características de estabilidad, plasticidad y consistencia de los parámetros de una distribución gamma, el presente capítulo analiza la aplicación de este modelo a los 29 tipos polínicos y 20 tipos de esporas de hongos reportados en las Tabla IV y Tabla V de la Introducción de las ocho estaciones aerobiológicas de Catalunya y para el periodo 1994-2015, con el objetivo de:

1. Validar un modelo de distribución gamma que nos permita caracterizar una serie anual de datos a través de los parámetros del modelo, de modo que nos permita comparar, para cada taxon, los diferentes años para una misma estación y las diferentes estaciones en un mismo año.

Así mismo, si el modelo es válido para los diferentes táxones, se buscará:

2. Establecer, mediante el parámetro α , una clasificación genérica de tipos de pólenes y esporas de hongos agrupándolos por su similitud en el comportamiento del parámetro.

De esta manera se podrá establecer una nueva clasificación genérica, menos subjetiva que la realizada con otros enfoques basados en una inspección visual de los gráficos, que facilitará la gestión de las bases de datos aerobiológicas. También permitirá estudiar las dinámicas atmosféricas de los diferentes táxones de forma más eficaz ya que se reducirá el número de ellos a un taxon representativo para cada una de las categorías de la clasificación genérica.

2.2. Material y métodos

2.2.1. Datos aerobiológicos

En el presente capítulo se emplearon 29 tipos polínicos de los cuales 19 táxones son arbóreos (*Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Castanea*, *Casuarina*, Cupressaceae, *Fagus*, *Fraxinus*, Moraceae, *Olea*, Palmae, *Pinus*, *Platanus*, *Populus*, *Quercus*, *Quercus* caducifolios, *Quercus* perennifolios, *Salix* y *Ulmus*), tres arbustivos (*Corylus*, Ericaceae y *Pistacia*), siete herbáceos (*Artemisia*, *Ambrosia*, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Plantago*, Poaceae, Polygonaceae y Urticaceae), y 20 tipos de esporas fúngicas: cinco ascósporas (*Chaetomium*, *Leptosphaeria*, *Pleospora*, Venturiaceae, Xylariaceae), cinco basidiósporas (*Agaricus*, *Agrocybe*, Coprinaceae, *Ganoderma*, Thelephoraceae) y 10 condiósporas (*Alternaria*, *Arthrimum*, *Aspergillus-Penicillium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Drechslera-Helminthosporium*, *Epicoccum*, *Pithomyces*, *Stemphylium*, *Torula*). Más información se presenta en la sección IV de la introducción.

Se estableció como un criterio de exclusión en la clasificación general aquellos táxones y estaciones que presentan más de dos series anuales con menos de 10 días no nulos (DNN).

2.2.2. Área de estudio

El área de estudio del presente capítulo se corresponde con las ocho estaciones aerobiológicas, distribuidas en cuatro fitoclimas de Catalunya, descritas en la sección III.

2.2.3. Método estadístico

El método estadístico aplicado ha sido un análisis de distribución gamma para cada año, estación y taxon estudiado; siempre y cuando los días no nulos (DNN, días con registros mayores al umbral de concentración nulo) fuese mayor o igual a 10 días/año (Tabla IV y V de la Introducción). De las múltiples ecuaciones de posible aplicación en la distribución gamma se aplica la llamada $\text{gamma}(\alpha, \beta)$

$$f(x) = C(\alpha, \beta)x^{\alpha-1}e^{-x/\beta}, x > 0$$

donde $C(\alpha, \beta)$ es una constante de normalización (la integral de la función $f(x)$ deberá ser igual a 1); α y β son los parámetros del modelo y cumplen que la media de la serie de datos es igual a $\alpha\beta$ y la varianza a $\alpha\beta^2$.

El parámetro α presenta siempre valores mayores que cero. Para los valores α cercanos a cero la curva se presenta como una asíntota decreciente al eje de ordenadas, cuya pendiente de decaimiento irá disminuyendo a medida que el valor de α incremente; por otro lado, para $\alpha \geq 1$, la curva presenta

una asíntota creciente al eje de ordenadas hasta alcanzar su máximo valor, donde presentará una curva exponencial decreciente con un comportamiento similar a $\alpha < 1$.

En el modelo se determinaron los parámetros α y β de cada una de las series por el método “estimador del momento”, siendo esta la forma más sencilla de obtener estos parámetros, teniendo en cuenta que la varianza es igual a $\alpha\beta^2$ y el promedio es igual a $\alpha\beta$, por tanto, el coeficiente de variación (CV), definido como la desviación estándar dividida por el promedio, es igual a $\alpha^{-1/2}$. El parámetro α , y por ende el CV, son parámetros libres de escala, por lo que el cambio en las unidades no afecta el valor del parámetro. Con el parámetro α se realizaron análisis de la estabilidad de las series anuales en una escala temporal (una misma estación y taxon a través del tiempo) y en una escala espacial, (un mismo año y taxon en todas las estaciones de muestreo). Así mismo, se estableció una clasificación genérica (espacio-temporal) para los táxones de polen y otra para las esporas de hongos a partir de los valores medios de α para cada estación y taxon. El análisis de la estabilidad del CV en una serie anual de datos aerobiológicos ya se ha desarrollado para Urticaceae (Belmonte & Canela 2002), *Platanus* (Gabarra *et al.* 2002) y *Cladosporium* (Belmonte *et al.* 2002), demostrando la consistencia del parámetro.

El nivel de significación del ajuste a la distribución gamma se evaluó mediante una prueba de χ^2 . Para ello se tiene en cuenta las 5 categorías establecidas para los umbrales de concentración (ver Tabla IV y V) y los parámetros α y β del modelo, que generan dos grados de libertad, suficientes para validar la prueba. No obstante, dada la alta variabilidad en el número de datos disponibles por serie analizada, la prueba sólo se considerará significativa si en todas las proporciones esperadas se obtiene una frecuencia mayor o igual al 1%. La prueba X^2 se empleó principalmente para establecer el grado de significación del ajuste de la distribución, y no como una validación que permita aceptar o rechazar el modelo gamma.

Los cálculos se desarrollaron con R, mientras que la representación espacial de la clasificación genérica se elaboró con Golden SURFER®. En este último, se empleó como herramienta de interpolación el método del “vecino más cercano”, teniendo en cuenta que establece de manera constante el área de influencia de cada una de las estaciones

2.3. Resultados y discusión

2.3.1. Polen

La Tabla 2.1 muestra que el tipo polínico con mayor índice anual de polen (suma de las concentraciones medias diarias del año) es Cupressaceae, seguido de *Quercus* y *Pinus*, mientras que *Ambrosia*, *Casuarina* y *Fagus* presentan los menores índices. Asimismo, el taxon más frecuente a lo largo del año (con mayor valor DNN) es Urticaceae, seguido de Cupressaceae y Poaceae, entretanto los menos frecuentes vuelven a ser los mismos que presentaron el menor índice anual (*Ambrosia*, *Casuarina* y *Fagus*). A pesar de que la cantidad de granos de polen cuantificados depende en gran medida de la cobertura y uso del suelo del área de influencia del captador, los resultados coinciden con los táxones más abundantes y frecuentes reportados en otras localidades de España (Alba *et al.* 2000, Alcázar *et al.* 2000, Bermejo & García 2000, Candau *et al.* 2000, Cariñanos *et al.* 2000a, 2000b, Dopazo *et al.* 2000a, 2000b, 2000c, Garcia-Mozo *et al.* 2000,

González Minero *et al.* 2000, Méndez *et al.* 2000, Moreno-Grau *et al.* 2000, Paulino *et al.* 2000, Recio *et al.* 2000, Rodríguez *et al.* 2000a, 2000b, Ruiz *et al.* 2000, Sabariego *et al.* 2000, Sánchez *et al.* 2000, Silva *et al.* 2000, Tortajada & Mateu 2000, Trigo *et al.* 2000, Valencia-Barrera *et al.* 2000, Vega-Maray *et al.* 2000).

Tabla 2.1 – Promedio del índice anual de polen en estudio y del número de días no nulos (fondo gris) en las estaciones estudiadas.

Taxon	Estación								Promedio
	Barcelona	Bellaterra	Girona	Lleida	Manresa	Roquetes-Tortosa	Tarragona	Vielha	
<i>Acer</i>	53	156	163	434	618	45	35	12	189
	23	29	27	28	35	23	17	10	24
<i>Alnus</i>	157	151	742	522	162	74	95	433	292
	45	44	61	46	41	26	35	45	43
<i>Ambrosia</i>	19	24	21	17	13	4	11	2	14
	9	12	9	11	8	5	7	2	8
<i>Artemisia</i>	145	163	78	368	171	107	222	367	203
	69	64	48	71	69	59	73	65	65
<i>Betula</i>	183	170	303	70	141	61	120	2149	400
	38	39	49	25	35	22	28	71	39
<i>Castanea</i>	248	160	524	69	97	69	166	599	241
	46	41	58	27	32	29	39	46	40
<i>Casuarina</i>	56	11	4	2	5	28	44	2	19
	31	11	4	3	5	14	22	3	12
Cheno.-Amara.	522	462	404	4341	921	609	559	85	988
	182	174	156	235	197	191	182	63	172
<i>Corylus</i>	216	218	548	114	204	88	877	5239	938
	58	59	71	40	55	34	73	101	61
Cupressaceae	7075	7337	7283	10018	8037	38035	9864	1824	11184
	255	253	236	221	251	238	258	156	233
Ericaceae	225	237	724	31	114	60	126	18	192
	74	73	103	27	55	46	55	19	56
<i>Fagus</i>	18	18	81	23	26	11	15	529	90
	9	10	21	10	11	6	9	34	14
<i>Fraxinus</i>	297	283	1875	290	444	179	396	6307	1259
	79	77	107	70	88	64	90	73	81
Moraceae	332	526	5557	517	394	424	828	17	1074
	55	47	66	44	46	54	60	12	48
<i>Olea</i>	1447	1195	966	2502	2705	7579	3459	138	2499
	98	88	85	95	87	120	114	35	90
Palmae	180	51	63	14	29	202	252	3	99
	109	43	47	12	25	114	125	2	60
<i>Pinus</i>	5196	8773	7551	3036	7578	11180	4942	5110	6671
	208	205	211	169	207	190	188	154	191
<i>Pistacia</i>	79	126	70	83	201	514	125	3	150
	34	39	29	26	40	49	37	3	32
<i>Plantago</i>	406	924	713	994	3613	656	508	459	1034
	135	158	151	160	179	130	126	135	147
<i>Platanus</i>	16110	4453	6473	2168	7474	465	1518	56	4840
	179	90	93	62	88	54	76	23	83
Poaceae	1131	1425	2072	2303	2480	1399	1201	2155	1771
	203	212	206	236	238	207	214	153	209
Polygonaceae	79	74	126	130	71	64	75	145	95
	53	52	71	74	49	44	46	66	57
<i>Populus</i>	346	3704	736	1365	870	396	270	839	1066
	64	75	62	60	60	61	53	60	62
<i>Quercus</i>	5927	8317	17561	4098	6130	5385	4429	1994	1763
	191	173	200	137	158	137	156	97	89
<i>Quercus caducifolios</i>	1144	2463	5712	720	1338	582	667	1479	4967
	99	93	129	84	83	74	79	69	140
<i>Quercus perennifolios</i>	4782	5854	11849	3378	4792	4803	3761	515	6730
	174	156	182	123	143	128	144	70	156
<i>Salix</i>	50	110	248	161	132	52	48	253	132
	31	43	54	51	48	26	30	54	42
<i>Ulmus</i>	125	275	116	78	361	37	280	31	163
	48	53	36	29	47	26	49	20	38
Urticaceae	2775	2123	2966	1070	3089	3670	3171	2263	2641
	303	274	267	221	286	309	308	151	265
Total	49323	49784	75531	38914	52212	76775	38062	33027	51704

En cuanto a los resultados a escala espacial, se observa que Roquetes-Tortosa es la estación con mayor cantidad anual de polen, seguido de Girona y Manresa, mientras que Vielha, Tarragona y Lleida, presentan las menores cantidades. Barcelona y Bellaterra presentan valores intermedios. En este caso, las estaciones con mayor índice se localizan en áreas con mayor cobertura vegetal (Institut d'Estadística de Catalunya 2014), favoreciendo los altos niveles anuales de polen. No obstante, Vielha, aunque considerada como una de las áreas con mayor cobertura vegetal (Institut d'Estadística de Catalunya 2014), presenta uno de los menores valores anuales de polen. Esto se puede atribuir a las condiciones meteorológicas de la zona, con elevada precipitación y bajas temperaturas, que pueden estar generando un proceso de lavado atmosférico, en el caso de las precipitaciones, y de supresión de los procesos de floración, en el caso de la temperatura (Figura V - Introducción). Entretanto, los bajos índices anuales de polen para Tarragona y Lleida pueden estar justificados por una menor representación de árboles ornamentales altamente poliníferos en el entorno urbano y por el alto porcentaje de suelo con cultivos en los alrededores (Tabla III- Introducción). En el caso de Tarragona también influye la proximidad del mar.

En la Tabla 2.2 se presenta un resumen de los parámetros α y β del modelo y los DNN en función del taxon. Los resultados muestran que α varía entre 0.018 (*Ambrosia*) y 0.465 (Urticaceae), presentándose mayores valores en aquellos tipos polínicos que presentan un mayor número de DNN (Tabla 2.2). También se observa que los táxones herbáceos (exceptuando *Ambrosia*) presentan mayores valores de α , junto con los táxones arbóreos *Pinus* y Cupressaceae. Si se tiene en cuenta la relación entre el parámetro α y el CV, se puede inferir que las concentraciones de los táxones con mayor α tienden a presentar menos heterogeneidad a lo largo del año con respecto a aquellos con un menor valor. Esto se corrobora por el valor de DNN de cada taxon, y confirma la relación existente entre α y DNN. También permite explicar porqué Cupressaceae y Poaceae, que a pesar de estar aerovagantes más tiempo a lo largo del año lo hacen con concentraciones heterogéneas, presentan valores de α menores que *Plantago* y Chenopodiaceae–Amaranthaceae, especialmente en la estación de Vielha (Anexo 2.A).

Si analizamos la estabilidad del parámetro α a través del tiempo en una misma estación (Anexo 2.A), el taxon con mayor variación interanual es *Fagus*, seguido de *Ambrosia* y *Casuarina*. Asimismo, Urticaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Pinus* son los táxones que menos variación interanual presentan. Los táxones de mayor variación coinciden con ser plantas no autóctonas de la zona de estudio y poco frecuentes en el espectro aerobiológico. Por otro lado, como ya fue demostrado en Belmonte *et al.* (2008) y Fernández-Llamazares *et al.* (2012) en el caso de *Fagus* y *Ambrosia* algunas de las aportaciones registradas en Catalunya han sido atribuidas a fenómenos de transporte atmosférico de larga distancia. Este hecho también puede explicar la menor variabilidad en Urticaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Pinus*, al ser táxones autóctonos de la zona mediterránea y estar mayor número de días presentes en el aire.

Por otro lado, la estación con mayor homogeneidad en las concentraciones de polen a través del tiempo es Barcelona, mientras que Vielha es la más heterogénea (Anexo 2.A). Esto se puede atribuir a la diversidad de táxones presentes en cada una de las áreas. En el caso de Barcelona, predominan las especies de uso ornamental como *Platanus*, *Populus* o Cupressaceae (Institut Municipal de Parcs i Jardins, Ajuntament de Barcelona, 2014), las cuales emiten además de grandes

Tabla 2.2 – Resumen de los parámetros α , β y DNN por tipos polínicos.

Taxon	α Promedio (mín.-máx.)	β Promedio (mín.-máx.)	DNN Promedio (mín.-máx.)
<i>Acer</i>	0.033 (0.007-0.076)	22.0 (0.7-162.4)	25 (3-45)
<i>Alnus</i>	0.050 (0.009-0.089)	20.3 (1.2-244)	44 (13-84)
<i>Ambrosia</i>	0.018 (0.003-0.074)	2.9 (0.7-28.0)	9 (0-36)
<i>Artemisia</i>	0.083 (0.022-0.158)	9.1 (1.2-94.1)	66 (19-110)
<i>Betula</i>	0.039 (0.006-0.125)	25.8 (0.7-250.5)	38 (2-95)
<i>Castanea</i>	0.048 (0.015-0.127)	14.4 (0.7-96.3)	40 (6-79)
<i>Casuarina</i>	0.022 (0.003-0.086)	2.2 (0.7-12.7)	13 (1-45)
Cheno.-Amara.	0.292 (0.066-0.619)	12.7 (1.2-104.0)	178 (34-264)
<i>Corylus</i>	0.066 (0.008-0.144)	42.8 (1.8-552.0)	60 (24-129)
Cupressaceae	0.114 (0.043-0.351)	312.1 (16.8-2932.0)	237 (125-289)
Ericaceae	0.071 (0.009-0.143)	10.4 (0.7-186.8)	60 (11-132)
<i>Fagus</i>	0.022 (0.003-0.075)	5.9 (0.7-133.3)	14 (1-71)
<i>Fraxinus</i>	0.095 (0.014-0.178)	46.7 (2.0-842.7)	82 (38-127)
Moraceae	0.055 (0.011-0.136)	80.0 (0.7-835.0)	50 (4-91)
<i>Olea</i>	0.057 (0.009-0.111)	138.4 (1.7-891.0)	92 (16-147)
Palmae	0.111 (0.003-0.352)	2.7 (0.7-17.0)	61 (1-171)
<i>Pinus</i>	0.133 (0.051-0.296)	156.3 (13.0-802.0)	193 (114-266)
<i>Pistacia</i>	0.052 (0.003-0.106)	7.4 (0.7-55.9)	33 (1-64)
<i>Plantago</i>	0.229 (0.072-0.449)	18.1 (2.1-307.0)	149 (72-225)
<i>Platanus</i>	0.051 (0.014-0.101)	306.7 (1.3-1618.0)	90 (15-235)
Poaceae	0.226 (0.111-0.492)	25.3 (6.8-105.3)	212 (119-287)
Polygonaceae	0.111 (0.024-0.226)	2.5 (0.9-9.1)	57 (18-101)
<i>Populus</i>	0.070 (0.015-0.160)	63.3 (3.5-524.6)	62 (24-97)
<i>Quercus</i>	0.111 (0.041-0.239)	185.7 (16.7-781.0)	162 (74-270)
<i>Quercus caducifolios</i>	0.087 (0.014-0.180)	62.3 (4.3-357.1)	91 (36-178)
<i>Quercus perennifolios</i>	0.094 (0.021-0.195)	161.1 (5.8-688.0)	146 (36-253)
<i>Salix</i>	0.057 (0.014-0.116)	7.6 (1.0-52.6)	42 (13-77)
<i>Ulmus</i>	0.061 (0.021-0.129)	9.5 (0.9-77.5)	41 (9-71)
Urticaceae	0.465 (0.163-0.835)	16.8 (3.3-49.5)	269 (94-347)

DNN: días no nulos.

cantidades de polen que no siempre puede ser dispersado por las corrientes de aire, tendiendo a concentrarse y mantenerse cerca de la zona de emisión (Cariñanos & Casares-Porcel 2011). Por el contrario, Vielha presenta unas condiciones geoclimáticas excepcionales (zona de alta montaña con elevada precipitación y bajas temperaturas) que estarían limitando los procesos de floración y por tanto de emisión y dispersión del polen.

La prueba χ^2 (Anexo 2.A) muestra que sólo seis táxones presentan una significancia mayor en el 50% de los casos (Cupressaceae, *Pinus*, Poaceae, *Quercus*, *Quercus perennifolios* y Urticaceae). Les siguen nueve táxones con una significación promedio entre 10 y 50% (*Artemisia*, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Corylus*, *Fraxinus*, Moraceae, *Olea*, *Plantago*, *Platanus* y *Quercus caducifolios*), y nueve con una significación por debajo del 10% (*Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Castanea*, Ericaceae, *Fagus*, *Pistacia*, *Populus* y *Ulmus*). cinco táxones no presentaron ningún tipo de significancia (*Ambrosia*, *Casuarina*, Palmae, Polygonaceae y *Salix*). Por otro lado, Girona, Tarragona y Bellaterra se establecen como las estaciones con mayores valores de significación, mientras que Lleida, Vielha y Roquetes-Tortosa presentan los menores.

La primera categoría está conformada por un taxon: Urticaceae (I), presentando como valores promedio de todas las estaciones (excepto Vielha) un α mayor de 0.400 y 281 DNN (Tabla 2.3). La segunda categoría está conformada mayoritariamente por táxones herbáceos y uno arbóreo (Tabla 2.3), presentando un α entre 0.200 y 0.449 y DNN desde 116 hasta 218. La tercera categoría de clasificación, con un α entre 0.080 y 0.171 y valores de DNN entre 45 y 233, la forman el resto de táxones herbáceos exceptuando *Artemisia* (Tabla 2.3). La cuarta categoría es la más amplia y muestra el mayor número de táxones con un mismo rango de α para todo el territorio. Está conformada principalmente por táxones arbóreos, tres de los cuatro táxones arbustivos y un taxon herbáceo (*Artemisia* en Lleida y Vielha). El valor de α varía entre 0.040 y 0.079 con DNN desde 25 hasta 190. Finalmente, la quinta categoría de clasificación está conformada por táxones de tipo arbóreo con valores de α por debajo de 0.040 y 42 DNN (Tabla 2.3).

En la Figura 2.1 se representa la distribución espacial de la clasificación genérica establecida a través del parámetro α que se muestra en la Tabla 2.3. En función de su escala de valores, se determinan cinco categorías de clasificación para los 29 táxones polínicos. ocho táxones presentan una sola categoría (*Acer*, *Castanea*, *Corylus*, Cupressaceae, *Fagus*, Moraceae, *Pistacia*, Polygonaceae, *Quercus*, *Salix* y *Ulmus*), 19 táxones están en dos (*Alnus*, *Artemisia*, *Betula*, *Casuarina*, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Ericaceae, *Olea*, *Pinus*, *Plantago*, *Platanus*, *Quercus caducifolios* y *Quercus perennifolios*) y Palmae que presenta tres categorías. Tal y como se indicó en el apartado 2.3.3. Material y métodos, la serie taxon-estación sólo se incluirá en la clasificación genérica si no presenta más de dos series anuales con menos de 10 DNN. Por ello se ha descartado para la clasificación genérica el taxon *Ambrosia* en todas las estaciones (ver anexo 2.A); *Casuarina* en todas las estaciones menos en Barcelona y Tarragona; *Fagus* en todas las estaciones menos en Vielha; *Acer* en Tarragona y Vielha; Moraceae y *Pistacia* en Vielha; y Palmae en Lleida y Vielha.

La clasificación espacial obtenida por medio del parámetro α , está acorde con la posible distribución ecológica de los táxones estudiados. Un ejemplo de ello podría ser los táxones Palmae y *Fagus*; el primero se distribuye generalmente en zonas cálidas o templadas, mientras el segundo es un taxon de climas característicos del norte de Europa y así queda reflejado en la Figura 2.1. En este mismo orden de ideas, los resultados también evidencian la influencia del clima en el comportamiento de las series anuales de los tipos polínicos. Si observamos el caso de la estación de Vielha, presenta un comportamiento casi siempre diferente de las restantes estaciones, atribuible por estar ubicada en el Pirineo y por ello tener unas condiciones climáticas (específicamente en temperatura y precipitación) muy diferentes al resto de estaciones estudiadas. Estas características podrían estar favoreciendo el índice de polen y el número de días con presencia de polen (DNN) de

Tabla 2.3 – Clasificación genérica de los tipos polínicos mediante el parámetro α del modelo gamma.

Taxon	Estaciones del grupo	Promedio del grupo		
		α	β	DNN
Urticaceae (I)	Excepto VIE	0.483	16.2	281
Cheno.-Amara. (I)	Excepto VIE	0.313	13.2	188
<i>Plantago</i> (I)	Excepto MAN/TAU/TOR	0.265	8.0	148
Poaceae (I)	Excepto TOR/VIE	0.238	23.7	218
<i>Palmae</i> (I)	BCN/TAU/TOR	0.216	3.0	116
Urticaceae (II)	VIE	0.214	32.4	151
<i>Plantago</i> (II)	MAN/TAU/TOR	0.171	32.2	145
Poaceae (II)	TOR/VIE	0.162	34.5	180
Cheno.-Amara. (II)	VIE	0.136	2.0	63
<i>Pinus</i> (I)	Excepto TOR	0.134	137.3	192
Cupressaceae	Todas	0.113	372.8	233
Polygonaceae	Todas	0.110	2.5	57
<i>Quercus</i>	Todas	0.107	180.0	156
<i>Fraxinus</i> (I)	Excepto VIE	0.098	17.8	82
<i>Quercus perennifolios</i> (I)	Excepto VIE	0.096	172.0	150
<i>Artemisia</i> (I)	Excepto BTU/LLE/VIE	0.090	4.9	63
<i>Populus</i> (I)	BCN/TOR	0.091	12.5	62
<i>Quercus caducifolios</i> (I)	Excepto VIE	0.088	58.3	91
Ericaceae (I)	GIC/TOR	0.088	14.5	75
<i>Palmae</i> (II)	BTU/GIC	0.080	2.5	45
<i>Pinus</i> (II)	TOR	0.072	436.0	190
<i>Artemisia</i> (II)	BTU/LLE/VIE	0.068	15.6	67
<i>Quercus caducifolios</i> (II)	VIE	0.067	72.3	69
<i>Corylus</i>	Todas	0.064	54.3	61
Ericaceae (II)	Excepto GIC/TOR	0.064	7.5	50
<i>Populus</i> (II)	Excepto BCN/TOR	0.064	76.6	62
<i>Ulmus</i>	Todas	0.059	8.7	38
<i>Olea</i> (I)	Excepto VIE	0.058	173.3	98
Moraceae	Excepto VIE	0.057	84.0	53
<i>Salix</i>	Todas	0.057	7.6	42
<i>Pistacia</i>	Excepto VIE	0.056	8.4	32
<i>Quercus Perennifolios</i> (II)	VIE	0.055	33.7	70
<i>Platanus</i> (I)	Excepto LLE/VIE	0.054	317.6	97
<i>Fraxinus</i> (II)	VIE	0.054	373.4	73
<i>Alnus</i> (I)	Excepto TOR	0.051	21.8	45
<i>Castanea</i>	Todas	0.048	15.0	40
<i>Fagus</i>	VIE	0.048	31.8	34
<i>Casuarina</i> (I)	BCN	0.046	4.0	31
<i>Palmae</i> (III)	MAN	0.045	3.2	25
<i>Betula</i> (I)	Excepto LLE/TAU/TOR	0.043	43.7	47
<i>Platanus</i> (II)	LLE/VIE	0.034	118.6	42
<i>Acer</i>	Excepto TAU/VIE	0.034	25.7	27
<i>Olea</i> (II)	VIE	0.033	18.9	35
<i>Betula</i> (II)	LLE/TAU/TOR	0.032	10.2	25
<i>Alnus</i> (II)	TOR	0.031	8.3	26
<i>Casuarina</i> (II)	TAU	0.030	4.4	22

Categorías en función de α

táxones de climas fríos como *Betula* y *Fagus*, entre otros; mientras que se limita en el caso de táxones como *Olea*, Urticaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Moraceae o *Pistacia* que requieren temperaturas más suaves.

2.3.2. Esporas de hongos

La Tabla 2.4 muestra que el tipo de spora fúngica más abundante en la atmósfera de Catalunya es *Cladosporium*, seguido de Coprinaceae y *Agrocybe*. Por el contrario, los táxones fúngicos menos abundantes son *Curvularia*, *Pithomyces* y *Chaetomium*. En función del parámetro DNN, el taxon más frecuente en la atmósfera a lo largo del año es *Alternaria*, seguido de Coprinaceae y *Cladosporium*; mientras que *Curvularia*, Venturiaceae y *Chaetomium* son los menos frecuentes. Los resultados obtenidos en cuanto a los tres táxones más abundantes, son consistentes con los presentados en otros estudios (Li & Kendrick 1995, Díaz *et al.* 2006, Oliveira *et al.* 2009, 2010, Mallo *et al.* 2011, Recio *et al.* 2012).

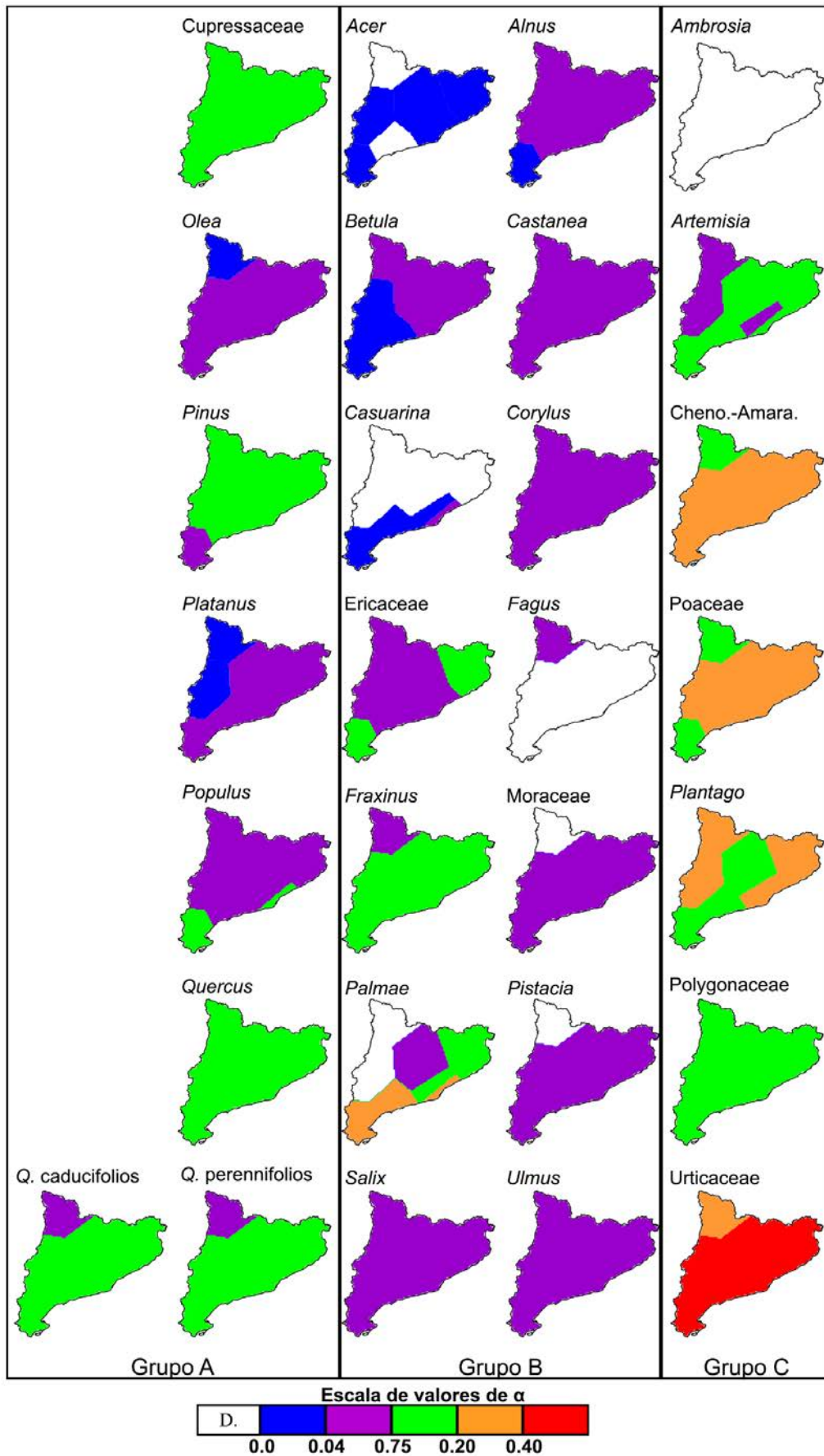


Figura 2.1 – Representación espacial del promedio de α por taxon en el área de estudio. Los grupos de A hasta C están definidos por los umbrales de concentración (Tabla IV - Introducción). D. Estación descartada en la clasificación genérica.

Tabla 2.4 – Promedio del índice anual de esporas de hongos en estudio y del número de días no nulos (fondo gris) en las estaciones de Catalunya.

Taxon	Estación								Promedio
	Barcelona	Bellaterra	Girona	Lleida	Manresa	Tarragona	Roquetes-Tortosa	Vielha	
<i>Agaricus</i>	2543	5653	7820	2546	2615	1794	2435	2035	3430
	143	187	168	125	162	113	177	103	147
<i>Agrocybe</i>	10974	30712	23383	7928	23330	14422	14947	25717	18927
	245	264	256	204	249	214	224	199	232
<i>Alternaria</i>	9383	11700	13051	36182	21068	10242	14097	2027	14719
	301	321	277	300	322	299	321	165	288
<i>Arthrimum</i>	1323	1718	1028	1515	1968	1352	1096	200	1275
	130	163	120	145	164	126	122	31	125
<i>Asper.-Penic.</i>	5212	5638	6981	4928	5435	4570	5364	3298	5178
	95	100	110	95	94	80	99	69	93
<i>Chaetomium</i>	224	178	140	182	165	240	79	43	156
	47	33	33	42	34	33	22	11	32
<i>Cladosporium</i>	199677	305264	356063	577936	463408	218094	323553	161883	325735
	238	283	258	279	292	234	272	168	253
Coprinaceae	11655	36867	45448	27368	27490	13331	19749	30511	26552
	296	304	288	265	265	261	279	233	274
<i>Curvularia</i>	49	89	78	72	231	40	36	65	83
	9	13	12	16	22	9	10	8	12
<i>Dresh.-Helmi.</i>	2144	2218	2319	3956	3711	2700	1679	620	2418
	193	204	187	218	220	206	188	95	189
<i>Epicoccum</i>	1498	1406	2984	3777	1869	944	806	1147	1804
	155	170	193	216	185	130	126	114	161
<i>Ganoderma</i>	1690	4004	6708	1760	1297	1568	1355	14761	4143
	170	192	195	150	128	152	142	150	160
<i>Leptosphaeria</i>	2022	6124	6151	3647	7681	4114	3762	1932	4429
	158	192	165	160	174	180	161	124	164
<i>Pithomyces</i>	156	153	231	125	159	114	114	191	155
	32	35	50	33	37	28	32	44	36
<i>Pleospora</i>	1864	2810	1747	5807	4163	3052	3090	814	2918
	188	203	160	198	207	208	195	112	184
<i>Stemphylium</i>	875	961	862	1926	1679	850	822	101	1010
	137	148	127	188	169	136	140	31	135
Thelephoraceae	1259	2643	4001	389	3310	1203	1090	1893	1974
	124	161	161	74	167	114	121	116	130
<i>Torula</i>	753	729	1173	2618	1120	750	772	326	1030
	102	104	128	185	128	101	117	53	115
Venturiaceae	138	257	128	33	204	103	80	451	174
	25	31	20	11	24	15	20	24	21
Xylariaceae	634	1812	3165	588	1153	594	481	2898	1416
	105	152	177	96	135	98	90	153	126
Total	254071	420935	483460	683283	572056	280078	395407	250913	417526

En cuanto a la distribución espacial se observa que las estaciones del interior presentan los mayores índices anuales de esporas (de mayor a menor: Lleida, Manresa, Girona y Bellaterra), seguidas de las de la zona litoral (Roquetas-Tortosa, Tarragona y Barcelona) y la de la zona de montaña (Vielha) (Tabla 2.4). Esta variación puede explicarse por la complejidad de factores que afectan su presencia como la fisiología del taxon, las condiciones meteorológicas o el uso del suelo (Carlile *et al.* 2001, Boddy *et al.* 2014). Los altos niveles de esporas reportados en la zona interior de Catalunya, en especial en Lleida, se pueden atribuir al tipo de uso de suelo (principalmente agrícola), mientras que los menores valores anuales en la zona de montaña y del litoral se pueden atribuir a la temperatura, siendo en Vielha por el frío y en el litoral por el calor, con temperaturas posiblemente fuera del rango óptimo de esporulación de los táxones estudiados (Vélez-Pereira *et al.* 2016).

En la Tabla 2.5 se presenta el resumen de los parámetros del modelo gamma y DNN obtenidos para cada tipo de espora fúngica. Al igual que en el caso del polen, la serie taxon-estación sólo se

Tabla 2.5 – Resumen de los parámetros α , β y DNN por tipos fungícos.

Taxon	α promedio (mín.-máx.)	β Promedio (mín.-máx.)	DNN Promedio (mín.-máx.)
<i>Agaricus</i>	0.198 (0.012-0.874)	71.5 (5.1-740.9)	152 (18-309)
<i>Agrocybe</i>	0.773 (0.047-1.330)	500.3 (0.3-6356.5)	238 (20-362)
<i>Alternaria</i>	0.511 (0.116-1.072)	97.6 (10.4-712.3)	293 (78-358)
<i>Arthrinium</i>	0.201 (0.013-0.776)	22.8 (3.8-77.0)	132 (16-231)
<i>Aspergillus-Penicillium</i>	0.203 (0.01-5.621)	162.2 (21.5-996.6)	95 (12-246)
<i>Chaetomium</i>	0.080 (0.005-0.254)	12.5 (2.4-448.8)	36 (10-94)
<i>Cladosporium</i>	0.798 (0.324-2.340)	1391.7 (245-10620.0)	256 (66-361)
Coprinaceae	0.289 (0.047-1.141)	357.2 (5.6-1843.2)	279 (23-356)
<i>Drechslera-Helminthosporium</i>	0.026 (0.003-0.114)	17.1 (2.7-101.7)	197 (19-314)
<i>Epicoccum</i>	0.446 (0.032-0.973)	19.5 (2.8-92.3)	166 (13-305)
<i>Ganoderma</i>	0.313 (0.026-1.027)	33.3 (3.4-255.3)	166 (10-275)
<i>Leptosphaeria</i>	0.356 (0.030-0.679)	96.6 (3.1-1024.1)	167 (13-324)
<i>Pithomyces</i>	0.164 (0.028-0.411)	5.6 (2.6-24.3)	38 (13-78)
<i>Pleospora</i>	0.088 (0.011-0.187)	42.3 (7.2-397.1)	187 (27-278)
<i>Stemphylium</i>	0.266 (0.089-0.525)	10.3 (2.7-48.3)	140 (11-250)
Thelephoraceae	0.328 (0.043-0.748)	33.8 (2.7-607.4)	135 (22-261)
<i>Torula</i>	0.222 (0.017-0.979)	14.3 (5.5-98.4)	119 (10-272)
Xylariaceae	0.225 (0.010-0.752)	20.7 (4.1-269.3)	129 (22-265)

DNN: días no nulos.

incluirá en la clasificación genérica si no presenta más de dos series anuales con menos de 10 DNN. Por ello, se han eliminado los táxones *Curvularia* y Venturiaceae en todas las estaciones, y *Chaetomium* en Vielha (ver Anexo 2.B).

Los resultados del modelo gamma muestran que *Cladosporium*, *Agrocybe* y *Alternaria* son los táxones que presentan el valor más alto de α , mientras que *Chaetomium*, *Pithomyces* y *Leptosphaeria* los más bajos (Tabla 2.5). En función del tipo de espora, también se observa que las conidiósporas presentan valores de α altos y medios, seguidos de las basidiósporas con valores medios y finalizando con las ascósporas con valores bajos. Recordando que el parámetro α es una medida indirecta del CV de la concentración diaria en una serie anual, se puede establecer que los táxones con mayor valor en este parámetro presentan una menor heterogeneidad en las concentraciones a lo largo del año. Esto coincide con los táxones que reportan un α mayor por estar presentes más días del año, exceptuando Coprinaceae (DNN mayor de 270) que presenta una distribución más heterogénea en sus concentraciones (Tabla 2.5).

La estabilidad del parámetro α a través del tiempo permite comparar los periodos de esporulación de esporas en un mismo lugar. Los resultados muestran que *Agrocybe* presenta la mayor variación interanual, mientras que *Cladosporium*, la menor (Anexo 2.B). La alta variabilidad del parámetro α en *Agrocybe* puede ser explicada por la tendencia anual de este taxon a incrementar sus

concentraciones en Catalunya (Vélez-Pereira *et al.* 2016). Asimismo, Girona es la estación con mayor heterogeneidad interanual, mientras que Barcelona y Vielha son las más homogéneas. La mayor variabilidad presentada en Girona se puede atribuir a las mayores variaciones entre la temperatura mínima y la temperatura máxima en el periodo de muestreo, lo que podría estar provocando cambios en la esporulación. En el caso de Barcelona y Vielha, el comportamiento de las temperaturas y disponibilidad de agua pueden estar favoreciendo la estabilidad en las emisiones. Barcelona presenta la menor oscilación térmica y Vielha las temperaturas más bajas, lo que puede estar limitando los incrementos en las concentraciones y por ende la variación anual. Asimismo, los altos registros de precipitación anual y días con lluvia en ambas estaciones (Figura V - Introducción) estarían regulando los procesos de esporulación.

El comportamiento del parámetro α descrito anteriormente se corrobora al analizar la estabilidad espacial del parámetro para cada año y taxon. *Cladosporium* es el taxon más estable a través de los años, mientras que *Aspergillus-Penicillium*, que presenta un comportamiento esporádico como también se indica en Oliveira *et al.* (2010), es el más heterogéneo. También se observa que el año más variable es 1998, posiblemente por presentar la menor precipitación anual en el área y periodo de estudio. Contrario a esto, el año 2014 se establece como el más homogéneo, y coincide con ser el segundo año con más precipitación (Anexo 2.B).

En general, los resultados de ajuste χ^2 (Anexo 2.B) mostraron altos valores de significación en todos los táxones, siendo *Alternaria*, *Pleospora* y *Coprinaceae* los que presentan los mejores valores, mientras que *Aspergillus-Penicillium*, *Agrocybe* y *Drechslera-Helminthosporium* presentan los menores. En cuanto a los resultados por estaciones se observó que Tarragona y Roquetes-Tortosa presentaron los mejores ajustes y, Barcelona y Bellaterra los menores.

La clasificación genérica creada a partir de los valores de α muestran que la primera categoría está conformada por *Cladosporium* en todas las estaciones, presentando valores de α superiores a 0.60 y 253 DNN en promedio. La segunda categoría lo conforman nueve táxones, siendo *Alternaria* y *Ganoderma* los únicos que se comportan igual en las ocho estaciones. Los valores de α varían entre 0.30 y 0.59 y presentan entre 149 y 288 DNN. La tercera categoría está conformada por 10 táxones, siendo *Pleospora* el taxon con el mismo comportamiento en toda el área de muestreo. Los valores de α van desde 0.20 hasta 0.29 con valores medios de DNN entre 104 y 278. La cuarta categoría está conformada por 11 táxones, donde *Leptosphaeria* y *Aspergillus-Penicillium* se clasifican igual para todas las estaciones. Su valor α varía entre 0.10 y 0.19, y los DNN entre 42 y 164. Finalmente, la quinta categoría está conformada por cuatro táxones mostrando valores de α menores a 0.10 y DNN cercanos a los 30 (Tabla 2.6).

En la Figura 2.2 se representa la distribución espacial de la clasificación genérica establecida. Al igual que en el caso de los tipos polínicos, el parámetro α fue el usado para clasificar, mientras que el DNN se emplea como un parámetro secundario para definir las categorías. Para comprender la información representada en esta Figura es necesario consultar la Tabla 2.5. En la propuesta de clasificación se plantean cinco categorías que contienen los 18 táxones. Seis de ellos se presentan en una sola categoría (*Alternaria*, *Leptosphaeria*, *Aspergillus-Penicillium*, *Ganoderma* y *Cladosporium*), ocho táxones, en dos (*Chaetomium*, *Agaricus*, *Drechslera-Helminthosporium*,

Agrocybe, *Coprinaceae*, *Pithomyces*, *Stemphylium* y *Thelephoraceae*) y cuatro, en tres (*Arthrinium*, *Epicoccum*, *Torula* y *Xylariaceae*).

Tabla 2.6 – Clasificación genérica de los tipos de esporas de hongo mediante el parámetro α del modelo gamma.

Taxon	Estaciones del grupo	Promedio del grupo		
		α	β	DNN
<i>Cladosporium</i>	Todas	0.780	1396.5	253
<i>Alternaria</i>	Todas	0.504	94.7	288
<i>Drech.-Helmi.</i> (I)	Excepto VIE	0.476	17.7	204
<i>Torula</i> (I)	LLE	0.433	20.1	197
<i>Epicoccum</i> (I)	BTU/GIC/LLE/MAN	0.385	22.3	191
<i>Ganoderma</i>	Todas	0.353	38.9	164
<i>Coprinaceae</i> (I)	BCN/GIC/VIE	0.351	316.9	272
<i>Stemphylium</i> (I)	Excepto VIE	0.348	10.9	149
<i>Xylariaceae</i> (I)	GIC	0.327	38.3	177
<i>Agrocybe</i> (I)	BTU/GIC/LLE/MAN	0.317	561.1	246
<i>Pleospora</i>	Todas	0.259	42.2	184
<i>Coprinaceae</i> (II)	Excepto BCN/GIC/VIE	0.249	398.2	278
<i>Xylariaceae</i> (II)	Excepto GIC/VIE	0.246	20.8	125
<i>Arthrinium</i> (I)	BTU/GIC/LLE/MAN	0.246	22.5	148
<i>Epicoccum</i> (II)	BCN/TAU/TOR	0.239	13.8	137
<i>Agrocybe</i> (II)	BCN/TAU/TOR/VIE	0.236	442.7	224
<i>Agaricus</i> (I)	Excepto LLE/TAU/VIE	0.234	73.7	167
<i>Thelephoraceae</i> (I)	Excepto LLE	0.232	37.4	142
<i>Torula</i> (II)	BTU/GIC/MAN/TOR	0.229	14.0	123
<i>Drech.-Helmi.</i> (II)	VIE	0.220	9.7	104
<i>Epicoccum</i> (III)	VIE	0.190	23.8	114
<i>Arthrinium</i> (II)	BCN/TAU/TOR	0.171	24.3	126
<i>Xylariaceae</i> (III)	TOR	0.169	9.5	90
<i>Thelephoraceae</i> (II)	LLE	0.168	7.7	74
<i>Leptosphaeria</i>	Todas	0.163	94.3	164
<i>Torula</i> (III)	BCN/TAU/VIE	0.159	11.9	85
<i>Agaricus</i> (II)	LLE/TAU/VIE	0.150	64.9	122
<i>Asper.-Penic.</i>	Todas	0.133	163.9	94
<i>Chaetomium</i> (I)	LLE	0.129	9.7	42
<i>Pithomyces</i> (I)	GIC/VIE	0.114	6.4	48
<i>Pithomyces</i> (II)	Excepto GIC/VIE	0.086	5.2	35
<i>Stemphylium</i> (II)	VIE	0.086	4.0	31
<i>Chaetomium</i> (II)	Excepto LLE/VIE	0.077	13.6	35
<i>Arthrinium</i> (III)	VIE	0.045	16.6	33

 Categorías en función de α

Los táxones clasificados en una sola categoría para las ocho estaciones de estudio son considerados cosmopolitas, presentes en la mayoría de los espectros aerobiológicos fúngicos, exceptuando a *Aspergillus-Penicillium* que es reportado con una menor frecuencia (Díaz *et al.* 2006, Mallo *et al.* 2011, Hasnain *et al.* 2012, Almaguer *et al.* 2013, Damialis *et al.* 2015). Asimismo, todos ellos se ven fuertemente influenciados por los cambios de humedad presente en el clima mediterráneo e incluso se ha reportado que su esporulación se ve favorecida por la precipitación, especialmente en *Cladosporium*, *Pleospora*, *Leptosphaeria* y *Alternaria* (Rúa-Giraldo 2013).

Para los táxones que se presentan distribuidos en dos categorías, se destacan *Drechslera-Helminthosporium* y *Stemphylium*, donde la estación de Vielha presenta un comportamiento diferente al resto del área de estudio; comportamiento que puede ser explicado por el requerimiento de temperaturas cálidas que estos hongos necesitan para una óptima esporulación (Rossi *et al.* 2005, Grinn-Gofroñ & Bosiacka 2015), ausente en esta estación de alta montaña. Adicionalmente, el taxon *Stemphylium* en Vielha presenta una mayor variabilidad estacional anual en comparación con *Drechslera-Helminthosporium*, a pesar de contar con altos niveles de humedad que favorecen su esporulación. Esto se puede explicar ya que su rango de esporulación se establece entre los 15 y 25°C (Rossi *et al.* 2005) y la temperatura promedio anual de esta estación se reporta por debajo.

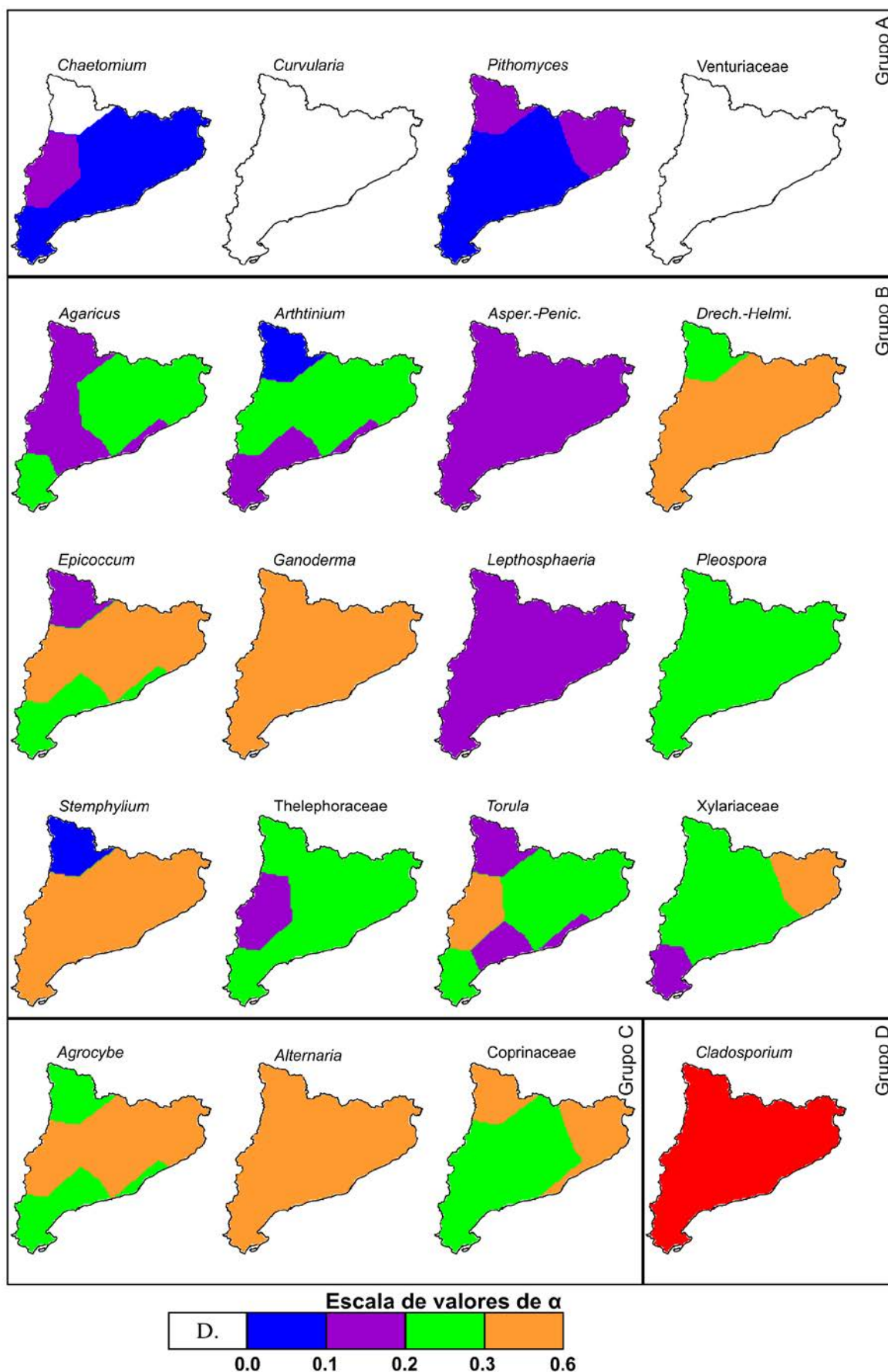


Figura 2.2 – Representación espacial del promedio de α por taxon en el área de estudio. Los grupos de A hasta D estos definidos por los umbrales de concentración (Tabla V - Introducción). D. Estación descartada en la clasificación genérica.

Para el caso del Coprinaceae, su distribución obedece posiblemente más a la precipitación de la zona, que favorece su esporulación (Morales *et al.* 2006), que al hábitat natural de muchas de sus especies (en pastizales bien abonados, parques, bordes de caminos, terrenos removidos, bosques en general). En este caso, los valores de α más elevados se registran en Vielha, Girona y Barcelona, siendo estas tres estaciones las que presentan mayores valores de precipitación anual (Figura V-Introducción).

Pithomyces, a pesar de ser reconocido como un taxon de aire seco y poco frecuente en el espectro aerobiológico (Rúa-Giraldo 2013), presenta una mayor estabilidad en las estaciones de Girona y Vielha, con los mayores niveles de precipitación, días con lluvias y humedad relativa de las estaciones estudiadas. Ésto concuerda con Domsch *et al.* (2007), quienes aseveran que las mayores esporulaciones de *Pithomyces* ocurren después de la lluvia. La diferencia entre los diversos estudios, se puede explicar por la baja frecuencia del taxon en el espectro y por ser reportado con mayores concentraciones durante el verano (Kasprzyk *et al.* 2004, Stępalska & Wołek 2005, Oliveira *et al.* 2009, Mallo *et al.* 2011, Hasnain *et al.* 2012), cuando las precipitaciones son menos intensas y frecuentes y las temperaturas más elevadas (Figura V-Introducción).

Chaetomium se describe como un hongo indicador de la humedad, especialmente en espacios interiores (Codina *et al.* 2008, Andersen *et al.* 2011, McMullin *et al.* 2012), así como un colonizador oportunista en restos de gramíneas, cultivos de cereales o sus semillas y su temperatura de esporulación que oscila entre 18 y 20 °C (Domsch *et al.* 2007). Estas características permiten explicar la gran diferencia en los valores de α en la estación de Lleida con respecto a las restantes estaciones, que además reportan poca frecuencia y niveles bajos del taxon (Tabla 2.4). Aparte del alto uso agrícola del suelo en Lleida, con plantaciones de cereales y gramíneas forrajeras (Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació *et al.* 2014), los mayores valores de humedad relativa durante el otoño y el invierno pueden estar favoreciendo la presencia de las esporas de este taxon en esta zona.

El taxon Thelephoraceae muestra una distribución espacial similar a *Chaetomium* (exceptuando Vielha) pero con valores inversos, con una menor estabilidad en las concentraciones de Lleida y mayor en el resto. Esto se puede atribuir a la disponibilidad de agua en el área de estudio, ya que Thelephoraceae requiere de una acumulación mínima de precipitaciones y de valores altos de humedad para el crecimiento del basidioma (Ramírez-López *et al.* 2013). Estas condiciones se pueden estar presentando en todas las estaciones (excepto Lleida) a finales del verano, favoreciendo la formación del basidioma y la esporulación por las precipitaciones acumuladas previas y el aumento de la humedad relativa.

La ecología del *Agrocybe* es compleja de establecer por su alta flexibilidad al estrés ambiental y por tratarse de hongos saprobios en localidades con intervención antrópica como campos y pastizales, bordes con pastos, jardines, entre otros (Malysheva & Kiyashko 2011). Éstas características permiten explicar en parte la distribución obtenida de α , presentando mayor estabilidad de las concentraciones en la zona interior del territorio, y variando más en la zona de montaña (Vielha) por ser más fría, y la zona litoral (Barcelona, Tarragona y Roquetes-Tortosa) por ser cálida. Adicionalmente, para Catalunya y coincidiendo con Morales *et al.* (2006), los mayores valores de este taxon se presentan a finales de otoño, periodo en el cual las temperaturas mínimas y máximas

presentan su oscilación intermedia y la humedad relativa está en aumento. Esto puede estar favoreciendo el desarrollo del basidioma de *Agrocybe* tal y como lo reporta Philippoussis *et al.* (2001), mientras que los periodos cortos de temperaturas cálidas de finales del otoño pueden favorecer la esporulación.

El taxon *Agaricus* es reportado como saprobio de la hojarasca y restos de vegetales en descomposición (Kerrigan *et al.* 1998). Estas características explican el comportamiento del parámetro α con mayor estabilidad en ambientes rural/urbano, exceptuando Girona que aunque es urbano, está ubicado en la segunda área comarcal con mayor cobertura boscosa (Tabla III; Institut d'Estadística de Catalunya 2014).

En cuanto a los táxones que se representan en tres categorías, destaca el comportamiento de *Arthrinium* y *Epicoccum*. Ambos táxones se establecen como tipos fúngicos con una frecuencia de moderada a baja en el espectro aerobiológico de Asia y Suramérica (Hasnain *et al.* 2005, Ho *et al.* 2005, Mallo *et al.* 2011), mientras que en Europa *Epicoccum* se presenta con más frecuencia (Kasprzyk *et al.* 2004, Oliveira *et al.* 2009). Ambos son táxones de climas templados o cálidos, presentando *Epicoccum* mayor facilidad de esporulación a temperaturas cálidas, mientras que *Arthrinium* se puede ver limitado (Stępańska & Wołek 2005, Domsch *et al.* 2007, Oliveira *et al.* 2010, Crous & Groenewald 2013). Estas respuestas a la temperatura permiten explicar el comportamiento de α en la Figura 2.2. La zona del interior (Bellaterra, Girona, Manresa y Lleida) presenta un α mayor, por registrar temperaturas templadas, seguida de unos valores de α medios en el litoral (Barcelona, Tarragona, Roquetes-Tortosa) con temperaturas cálidas y finalizando con los menores valores de α en la zona de montaña (Vielha) con temperaturas frías. Por otro lado, los valores de α para una misma zona son mayores en *Epicoccum* atribuible a que éste se presenta en mayor frecuencia en el espectro aerobiológico (Tabla 2.4). Finalmente, los resultados muestran que estos táxones pueden ser empleados como indicadores bioclimáticos de la temperatura.

El hábitat de Xylariaceae se puede clasificar en cuatro categorías: corteza de árboles, árboles o ramas de árboles en decaimiento, en hojarasca y en estiércol de animales (Whalley 1985, Whalley 1996). Asimismo, es reportado en una gran variedad de zonas climáticas, a pesar de que algunas especies de esta familia presentan características restrictivas, requiriendo bajas temperaturas para su crecimiento, pero algo más templadas para su maduración (Whalley 1985, Whalley 1996). Este comportamiento puede estar justificado por la cercanía a la temperatura de crecimiento reportada por U'Ren *et al.* (2016) de 21.5°C. Girona es la estación con valores promedio cercanos a esta temperatura y es la que presenta los mayores valores de α , mientras que Roquetes-Tortosa presenta la temperatura media más alta de las estaciones de muestreo, que esta por encima de la temperatura criterio, y muestra los valores más bajos del parámetro α ; el resto de las estaciones, presentan valor promedio de esta temperatura.

Finalmente, *Torula* es reportado como un taxon saprobio de zonas templadas, con preferencia por las gramíneas, pero también es reconocido como un taxon cosmopolita (Domsch *et al.* 2007). Esta última característica es confirmada por los estudios de Stępańska & Wołek (2005), Oliveira *et al.* (2010) y Mallo *et al.* (2011) quienes reportan a este taxon como un hongo de frecuencia moderada a alta en los espectros aerobiológicos de esporas, aunque sus picos son reportados en diferentes estaciones del año. El comportamiento del parámetro α puede ser justificado por el uso del suelo en

cultivos de gramíneas. Según el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (2014) Lleida es el área con mayor cobertura agrícola seguidas por Manresa, Girona, Roquetes-Tortosa, Bellaterra, Tarragona, Barcelona y Vielha, resultados que coinciden con los valores de α reportados.

En general, con los resultados obtenidos del parámetro α se puede observar que los niveles de esporas de hongos pueden ser empleados como indicadores de factores bioclimáticos como la temperatura (*Agrocybe*, *Drechslera-Helminthosporium*, *Stemphylium*), la disponibilidad del agua (Coprinaceae, *Pithomyces*, Teleforaceae y Xylariaceae) o la interacción de varios de ellos (*Arthrinium* y *Epicoccum*), así como indicadores del uso del suelo (*Agaricus*, *Chaetomium* y *Torula*). Por otro lado, se identificaron los táxones que por su homogeneidad espacio-temporal y su carácter alergénico, pueden ser empleados en el desarrollo de modelos de predicción en sistemas de alerta temprana (*Alternaria*, *Aspergillus-Penicillium*, *Cladosporium*, *Ganoderma*, *Leptosphaeria* y *Pleospora*).

2.4. Conclusión

El modelo de distribución gamma es válido para describir el comportamiento de una serie anual de concentraciones diarias de polen y esporas de hongos, permitiendo realizar comparaciones espacio-temporales. Teniendo en cuenta los resultados del parámetro α para cada tipo de bioaerosol estudiado, se ha propuesto una clasificación genérica con cinco categorías. En el caso de polen los resultados muestran una fuerte relación del parámetro con la distribución ecológica (potencial y/o ornamental) de los táxones. En cambio, para las esporas de hongos, los resultados identifican los táxones indicadores del uso del suelo o del bioclima. La clasificación genérica propuesta mejora la gestión de la base de datos aerobiológica de Catalunya, ya que el estudio de las dinámicas anuales se puede reducir a un número menor de táxones representativos, uno por cada categoría, los cuales podrían ser empleados, además, para el desarrollo de modelos de predicción.

2.5. Referencias bibliográficas

- Aboulaich N, Achmakh L, Bouziane H, Trigo MM, Recio M, Kadiri M, Cabezudo B, Riadi H, & Kazzaz M (2013) Effect of meteorological parameters on Poaceae pollen in the atmosphere of Tetouan (NW Morocco). *Int J Biometeorol* 57:197–205. doi: 10.1007/s00484-012-0566-2
- Alba F, Díaz de la Guardia C, & Sabariego S (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Granada (1999). *Rea* 6:31–34.
- Alcázar P, Cariñanos P, Galán C, & Domínguez-Vilches E (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Priego de Córdoba (1999). *Rea* 6:27–30.
- Almaguer M, Aira M-J, Rodríguez-Rajo FJ, & Rojas TI (2013) Study of airborne fungus spores by viable and non-viable methods in Havana, Cuba. *Grana* 52:289–298. doi: 10.1080/00173134.2013.829869
- Andersen B, Frisvad JC, Søndergaard I, Rasmussen IS, & Larsen LS (2011) Associations between fungal species and water-damaged building materials. *Appl Environ Microbiol* 77:4180–4188. doi: 10.1128/AEM.02513-10
- Astray G, Rodríguez-Rajo FJ, Ferreiro-Lage JA, Fernández-González M, Jato V, & Mejuto JC (2010) The use of artificial neural networks to forecast biological atmospheric allergens or pathogens only as *Alternaria* spores. *J Environ Monit* 12:2145–2152. doi: 10.1039/C0EM00248H
- Belmonte J, Alarcón M, Avila A, Scialabba E, & Pino D (2008) Long-range transport of beech (*Fagus sylvatica* L.) pollen to Catalonia (north-eastern Spain). *Int J Biometeorol* 52:675–687. doi: 10.1007/s00484-008-0160-9

- Belmonte J, & Canela MA (2002) Modelling aerobiological time series. Application to Urticaceae. *Aerobiologia* 18:287–295. doi: 10.1023/A:1021323610112
- Belmonte J, & Canela MA (2003) Modeling aerobiological pollen data with the gamma distribution. <http://lap.uab.cat/aerobiologia/general/pdf/altres/TESAGamma.pdf>
- Belmonte J, Gabarra E, & Roure J (2002) Fungal spores spectrum in Catalonia (NE Spain), 1995-2001. In: Communicated at the 7th International Congress on Aerobiology. Montebello, Canada,
- Belmonte J, Vendrell M, Roure JM, Vidal J, Botey J, & Cadahía À (2000) Levels of *Ambrosia* pollen in the atmospheric spectra of Catalan aerobiological stations. *Aerobiologia* 16:93–99. doi: 10.1023/A:1007649427549
- Bermejo D, & García C (2000) Aerobiología en Aragón: estación de Zaragoza (1999). *Rea* 6:55–58.
- Boddy L, Büntgen U, Egli S, Gange AC, Heegaard E, Kirk PM, Mohammad A, & Kausserud H (2014) Climate variation effects on fungal fruiting. *Fungal Ecol* 10:20–33. doi: 10.1016/j.funeco.2013.10.006
- Candau P, Pérez Tello AM, González Minero P, & Morales J (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Sevilla (1999). *Rea* 6:51–54.
- Cariñanos P, & Casares-Porcel M (2011) Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape Urban Plan* 101:205–214. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.03.006
- Cariñanos P, Galán C, Alcázar P, & Domínguez E (2000a) Aerobiología en Andalucía: estación de Chirivel (1999). *Rea* 6:15–18.
- Cariñanos P, Galán C, Alcázar P, & Domínguez E (2000b) Aerobiología en Andalucía: estación de Córdoba (1999). *Rea* 6:19–22.
- Carlile MJ, Watkinson SC, & Gooday GW (2001) 4 - Spores, dormancy and dispersal. In: Carlile MJ, Watkinson SC, & Gooday GW (eds) *The Fungi* (Second Edition). Academic Press, London, pp 185–243
- Chuine I, & Belmonte J (2004) Improving prophylaxis for pollen allergies: predicting the time course of the pollen load of the atmosphere of major allergenic plants in France and Spain. *Grana* 43:65–80. doi: 10.1080/00173130410019163
- Codina R, Fox RW, Lockey RF, DeMarco P, & Bagg A (2008) Typical levels of airborne fungal spores in houses without obvious moisture problems during a rainy season in Florida, USA. *J Invest Allergol Clin Immunol* 18:156.
- Comtois P (2000) The gamma distribution as the true aerobiological probability density function (PDF). *Aerobiologia* 16:171–176. doi: 10.1023/A:1007667531246
- Crous PW, & Groenewald JZ (2013) A phylogenetic re-evaluation of *Arthrimum*. *IMA Fungus* 4:133–154. doi: 10.5598/imafungus.2013.04.01.13
- Damialis A, Vokou D, Gioulekas D, & Halley JM (2015) Long-term trends in airborne fungal-spore concentrations: a comparison with pollen. *Fungal Ecol* 13:150–156. doi: 10.1016/j.funeco.2014.09.010
- Dara F (2013) Forecasting daily Urticaceae pollen count by artificial neural networks. *Int J Innovative Res Dev* 2:63–71.
- Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Secretaria General, & Estudis i Prospectiva agrària i Alimentària (2014) Superfícies, rendiments i produccions comarcals dels conreus agrícoles. Any 2014. http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/02_estructura_i_produccio/02_estadistiques_agricoles/01_llencols_definitius/fitxers_estatics/produccions_comarcals/Produccions_comarcals_web_2014.pdf. Accessed 27 Sep 2016
- Díaz AH, Sabariego SR, Gutiérrez MB, & Cervigón PM (2006) Study of airborne fungal spores in Madrid, Spain. *Aerobiologia* 22:133. doi: 10.1007/s10453-006-9025-z
- Domsch KH, Gams W, & Anderson T-H (2007) Compendium of soil fungi, Second edition. IHW-Verlag, Eching
- Dopazo A, Méndez J, & Aira MJ (2000a) Aerobiología en Galicia: estación de Viveiro (1999). *Rea* 6:123–126.
- Dopazo A, Rodríguez FJ, & Aira MJ (2000b) Aerobiología en Galicia: estación de A Coruña (1999). *Rea* 6:111–114.
- Dopazo A, Seijo MC, & Aira MJ (2000c) Aerobiología en Galicia: estación de Santiago de Compostela (1999). *Rea* 6:115–118.

- Fernández-Llamazares Á, Belmonte J, Alarcón M, & López-Pacheco M (2012) *Ambrosia L.* in Catalonia (NE Spain): expansion and aerobiology of a new bioinvader. *Aerobiologia* 28:435–451. doi: 10.1007/s10453-012-9247-1
- Fernández-Llamazares Á, Belmonte J, Delgado R, & De Linares C (2014) A statistical approach to bioclimatic trend detection in the airborne pollen records of Catalonia (NE Spain). *Int J Biometeorol* 58:371–382. doi: 10.1007/s00484-013-0632-4
- Fernández-Rodríguez S, Skjøth CA, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, Gonzalo-Garijo Á, & Smith M (2014) Identification of potential sources of airborne *Olea* pollen in the Southwest Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* 58:337–348. doi: 10.1007/s00484-012-0629-4
- Gabarra E, Belmonte J, & Canela MA (2002) Aerobiological behaviour of *Platanus L.* pollen in Catalonia (North-East Spain). *Aerobiologia* 18:185–193. doi: 10.1023/A:1021370724043
- García-Mozo H, Galán C, & Domínguez E (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de El Cabril (1999). *Rea* 6:23–26.
- González Minero P, Candau P, Morales J, & Pérez AM (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Huelva (1999). *Rea* 6:35–38.
- Grinn-Gofroń A, & Bosiacka B (2015) Effects of meteorological factors on the composition of selected fungal spores in the air. *Aerobiologia* 31:63–72. doi: 10.1007/s10453-014-9347-1
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2008a) Artificial neural network models of relationships between *Alternaria* spores and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 52:859–868. doi: 10.1007/s00484-008-0182-3
- Grinn-Gofroń A, & Strzelczak A (2008b) Artificial neural network models of relationships between *Cladosporium* spores and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Grana* 47:305–315. doi: 10.1080/00173130802513784
- Hasnain SM, Akhter T, & Waqar MA (2012) Airborne and allergenic fungal spores of the Karachi environment and their correlation with meteorological factors. *J Environ Monit* 14:1006. doi: 10.1039/c2em10545d
- Hasnain SM, Fatima K, Al-Frayh A, & Al-Sedairy ST (2005) One-Year pollen and spore calendars of Saudi Arabia Al-Khobar, Abha and Hofuf. *Aerobiologia* 21:241–247. doi: 10.1007/s10453-005-9000-0
- Ho H-M, Rao CY, Hsu H-H, Chiu Y-H, Liu C-M, & Chao HJ (2005) Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan. *Atmos Environ* 39:5839–5850. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.06.034
- Howard LE, & Levetin E (2014) *Ambrosia* pollen in Tulsa, Oklahoma: aerobiology, trends, and forecasting model development. *Ann Allerg Asthma Im* 113:641–646. doi: 10.1016/j.anai.2014.08.019
- Iglesias I, Rodríguez-Rajo FJ, & Méndez J (2007) Behavior of *Platanus hispanica* pollen, an important spring aeroallergen in northwestern Spain. *J Invest Allergol Clin Immunol* 17:145.
- Institut d'Estadística de Catalunya I (2014) Anuari estadístic de Catalunya. Usos del sol. Comarques, àmbits i províncies. <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=202>. Accessed 5 Sep 2016
- Izquierdo R, Belmonte J, Avila A, Alarcón M, Cuevas E, & Alonso-Pérez S (2011) Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands). *Int J Biometeorol* 55:67–85. doi: 10.1007/s00484-010-0309-1
- Kasprzyk I, Rzepowska B, & Wasylów M (2004) Fungal spores in the atmosphere of Rzeszow (south-east Poland). *Ann Agric Environ Med* 11:285–289.
- Kasprzyk I, & Walanus A (2014) Gamma, Gaussian and logistic distribution models for airborne pollen grains and fungal spore season dynamics. *Aerobiologia* 30:369–383. doi: 10.1007/s10453-014-9332-8
- Kerrigan RW, Carvalho DB, Horgen PA, & Anderson JB (1998) The indigenous coastal Californian population of the mushroom *Agaricus bisporus*, a cultivated species, may be at risk of extinction. *Mol Ecol* 7:35–45. doi: 10.1046/j.1365-294x.1998.00294.x
- Kuparinen A, Markkanen T, Riikonen H, & Vesala T (2007) Modeling air-mediated dispersal of spores, pollen and seeds in forested areas. *Ecol Model* 208:177–188. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.05.023
- Li D-W, & Kendrick B (1995) A year-round outdoor aeromycological study in Waterloo, Ontario, Canada. *Grana* 34:199–207. doi: 10.1080/00173139509429043
- Limpert E, Burke J, Galán C, Trigo MM, West JS, & Stahel WA (2008) Data, not only in aerobiology: how normal is the normal distribution? *Aerobiologia* 24:121–124. doi: 10.1007/s10453-008-9092-4

- Mallo AC, Nitiu DS, & Sambeth MCG (2011) Airborne fungal spore content in the atmosphere of the city of La Plata, Argentina. *Aerobiologia* 27:77–84. doi: 10.1007/s10453-010-9172-0
- Malysheva EF, & Kiyashko AA (2011) Contribution to the study of *Agrocybe pediades* complex (Agaricales) in Russia based on nrITS sequences. *Mycologia Balcanica* 8:115–124.
- Matyasovszky I, & Makra L (2011) Autoregressive modelling of daily ragweed pollen concentrations for Szeged in Hungary. *Theor Appl Climatol* 104:277–283. doi: 10.1007/s00704-011-0431-y
- McMullin DR, Sumarah MK, & Miller JD (2012) Chaetoglobosins and azaphilones produced by Canadian strains of *Chaetomium globosum* isolated from the indoor environment. *Mycotoxin Res* 29:47–54. doi: 10.1007/s12550-012-0144-9
- Méndez J, Seijo C, & Iglesias I (2000) *Aerobiología en Galicia: estación de Ourense (1999)*. Rea 6:127–130.
- Morales J, González-Minero FJ, Carrasco M, Ogalla VM, & Candau P (2006) Airborne basidiospores in the atmosphere of Seville (South Spain). *Aerobiologia* 22:125. doi: 10.1007/s10453-006-9019-x
- Moreno-Grau S, Elvira-Rendueles B, Angosto JM, Bayo J, Moreno J, Belchí J, & Moreno-Clavel J (2000) *Aerobiología en Murcia: estación de Cartagena (1999)*. Rea 6:139–142.
- Moseholm L, Weeke ER, & Petersen BN (1987) Forecast of pollen concentrations of Poaceae (Grasses) in the air by time series analysis. *Pollen et spores* 29:305–321.
- Oliveira M, Ribeiro H, Delgado JL, & Abreu I (2009) The effects of meteorological factors on airborne fungal spore concentration in two areas differing in urbanisation level. *Int J Biometeorol* 53:61–73. doi: 10.1007/s00484-008-0191-2
- Oliveira M, Ribeiro H, Delgado L, Fonseca J, Gastel-Branco MG, & Abreu I (2010) Outdoor allergenic fungal spores: comparison between an urban and a rural area in Northern Portugal. *J Invest Allerg Clin* 20:117.
- Orlandi F, Sgromo C, Bonfiglio T, Ruga L, Romano B, & Fornaciari M (2010) Yield modelling in a Mediterranean species utilizing cause–effect relationships between temperature forcing and biological processes. *Sci Hortic* 123:412–417. doi: 10.1016/j.scienta.2009.09.015
- Paulino R, Tormo R, Silva I, & Muñoz AF (2000) *Aerobiología en Extremadura: estación de Cáceres (1999)*. Rea 6:107–110.
- Philippoussis A, Zervakis G, & Diamantopoulou P (2001) Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World J Microb Biot* 17:191–200. doi: 10.1023/A:1016685530312
- Prank M, Chapman DS, Bullock JM, Belmonte J, Berger U, Dahl A, Jäger S, Kovtunen I, Magyar D, Niemelä S, Rantio-Lehtimäki A, Rodinkova V, Sauliene I, Severova E, Sikoparija B, & Sofiev M (2013) An operational model for forecasting ragweed pollen release and dispersion in Europe. *Agric For Meteorol* 182–183:43–53. doi: 10.1016/j.agrformet.2013.08.003
- Puc M (2012) Artificial neural network model of the relationship between *Betula* pollen and meteorological factors in Szczecin (Poland). *Int J Biometeorol* 56:395–401. doi: 10.1007/s00484-011-0446-1
- Ramírez-López I, Villegas Ríos M, & Cano-Santana Z (2013) Phenotypic plasticity of the basidiomata of *Thelephora* sp. (Thelephoraceae) in tropical forest habitats. *Rev Biol Trop* 61:343–350.
- Recio M, Trigo MM, Docampo S, & Cabezudo B (2000) *Aerobiología en Andalucía: estación de Málaga (1999)*. Rea 6:43–46.
- Recio M, Trigo MM, Docampo S, Melgar M, García-Sánchez J, Bootello L, & Cabezudo B (2012) Analysis of the predicting variables for daily and weekly fluctuations of two airborne fungal spores: *Alternaria* and *Cladosporium*. *Int J Biometeorol* 56:983–991. doi: 10.1007/s00484-011-0509-3
- Rodríguez FJ, Dopazo A, & Jato V (2000a) *Aerobiología en Galicia: estación de Santiago de Lugo (1999)*. Rea 6:119–122.
- Rodríguez FJ, Seijo MC, & Jato V (2000b) *Aerobiología en Galicia: estación de Vigo (1999)*. Rea 6:135–138.
- Rodríguez-Rajo FJ, Valencia-Barrera RM, Vega-Maray AM, Suarez FJ, Fernandez-Gonzalez D, & Jato V (2006) Prediction of airborne *Alnus* pollen concentration by using ARIMA models. *Ann Agric Enviro Med* 13:25.

- Rossi V, Bugiani R, Giosué S, & Natali P (2005) Patterns of airborne conidia of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of brown spot disease of pears, in relation to weather conditions. *Aerobiologia* 21:203–216. doi: 10.1007/s10453-005-9002-y
- Rúa-Giraldo AL (2013) Aerobiología de las esporas de Pleosporales en ambientes intra y extradomiciliarios de Barcelona. Aplicación a la clínica en población alérgica. Info:eu-repo/semantics/doctoralThesis, Universitat Autònoma de Barcelona
- Ruiz L, Cano E, & Díaz de la Guardia C (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Jaén (1999). *Rea* 6:39–42.
- Sabariego S, Díaz de la Guardia C, Alba F, & Mota JF (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Almería (1999). *Rea* 6:11–14.
- Sadyś M, Skjøth CA, & Kennedy R (2016) Forecasting methodologies for *Ganoderma* spore concentration using combined statistical approaches and model evaluations. *Int J Biometeorol* 60:489–498. doi: 10.1007/s00484-015-1045-3
- Sánchez JA, Hidalgo PJ, de Pablos L, Galán C, & Domínguez E (2000) Aerobiología en Castilla La Mancha: estación de Ciudad Real (1999). *Rea* 6:63–66.
- Scheifinger H, Belmonte J, Buters J, Celenk S, Damialis A, Dechamp C, García-Mozo H, Gehrig R, Grewling L, Halley JM, Hogda K-A, Jäger S, Karatzas K, Karlsen S-R, Koch E, Pauling A, Peel R, Sikoparija B, Smith M, Galán C, Thibaudon M, Vokou D, & De Weger LA (2013) Monitoring, modelling and forecasting of the pollen season. In: Sofiev M, & Bergmann K-C (eds) *Allergenic pollen*, 1st edn. Springer Netherlands, New York, London, pp 71–126
- Shumway RH, & Stoffer DS (2001) *Time Series Analysis and Its Applications*. Springer
- Silva I, Moreno A, Muñoz AF, & Tormo R (2000) Aerobiología en Extremadura: estación de Badajoz (1999). *Rea* 6:103–106.
- Smith M, & Emberlin J (2005) Constructing a 7-day ahead forecast model for grass pollen at north London, United Kingdom. *Clin Exp Allergy* 35:1400–1406. doi: 10.1111/j.1365-2222.2005.02349.x
- Smith M, & Emberlin J (2006) A 30-day-ahead forecast model for grass pollen in north London, United Kingdom. *Int J Biometeorol* 50:233–242. doi: 10.1007/s00484-005-0010-y
- Stach A, Smith M, Prieto Baena JC, & Emberlin J (2008) Long-term and short-term forecast models for Poaceae (grass) pollen in Poznań, Poland, constructed using regression analysis. *Environ Exp Bot* 62:323–332. doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.10.005
- Stepalska D, & Wołek J (2005) Variation in fungal spore concentrations of selected taxa associated. *Aerobiologia* 21:43–52. doi: 10.1007/s10453-004-5877-2
- Tortajada B, & Mateu A (2000) Aerobiología en Comunidad Valenciana: estación de Burjassot (1999). *Rea* 6:99–102.
- Trigo MM, Recio M, Docampo S, & Cabezudo B (2000) Aerobiología en Andalucía: estación de Antequera (1999). *Rea* 6:47–50.
- Valencia-Barrera RM, Vega A, Fernández-González D, Mencia J, & Díaz C (2000) Aerobiología en Castilla y León: estación de Ponferrada(1999). *Rea* 6:67–70.
- Vega-Maray A, Fernández-González D, Valencia-Barrera R, Santos F, & Latasa M (2000) Aerobiología en Castilla y León: estación de León (1999). *Rea* 6:67–70.
- Vélez-Pereira AM, De Linares C, Delgado R, & Belmonte J (2016) Temporal trends of the airborne fungal spores in Catalonia (NE Spain), 1995–2013. *Aerobiologia* 32:23–37. doi: 10.1007/s10453-015-9410-6
- Whalley AJS (1985) Xylariaceae: some ecological considerations.
- Whalley AJS (1996) The Xylariaceous way of life. *Mycol Res* 100:897–922. doi: 10.1016/S0953-7562(96)80042-6
- Ziello C, Sparks TH, Estrella N, Belmonte J, Bergmann KC, Bucher E, Brighetti MA, Damialis A, Detandt M, Galán C, Gehrig R, Grewling L, Gutiérrez Bustillo AM, Hallsdóttir M, Kockhans-Bieda M-C, De Linares C, Myszkowska D, Páldy A, Sánchez A, Smith M, Thibaudon M, Travaglini A, Uruska A, Valencia-Barrera RM, Vokou D, Wachter R, de Weger LA, & Menzel A (2012) Changes to airborne pollen counts across Europe. *PLoS ONE* 7:e34076. doi: 10.1371/journal.pone.0034076
- Zink K, Vogel H, Vogel B, Magyar D, & Kottmeier C (2012) Modeling the dispersion of *Ambrosia artemisiifolia* L. pollen with the model system COSMO-ART. *Int J Biometeorol* 56:669–680. doi: 10.1007/s00484-011-0468-8

2.6. Anexos

Anexo 2.A Valores de los parámetros del modelo de distribución gamma, días no nulos y su nivel de significación para cada serie anual, estación y tipo polínico estudiado.

Presentación

En este anexo se presentan los resultados del cálculo de los parámetros de la distribución gamma para el tipo polínico estudiado, año y estación.

Los táxones se ordenan alfabéticamente.

Para cada taxon se presentan dos tablas:

- ✓ en la primera se observan los resultados de DNN, α , β y nivel de significación por cada serie estación-año.
- ✓ en la segunda se muestra un resumen de los estadísticos descriptivos de cada uno de estos parámetros por estación de muestreo.

Abreviaturas

α : Parámetro alfa del modelo gamma.

β : Parámetro beta del modelo gamma.

Coef R.: Coeficiente de correlación.

Desv.: Desviación estándar.

DNN: Días No Nulos.

Máx.: Máximo.

Med.: Mediana.

Mín.: Mínimo.

Prom.: Promedio.

Sig.: Nivel de significación.

***: $p \leq 0.001$

**: $0.001 < p \leq 0.01$

*: $0.01 < p \leq 0.05$

†: $0.05 < p \leq 0.1$.

Acer

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha									
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	
1994	25	0.060	4.4																												
1995	22	0.029	5.3	24	0.018	33.7																									
1996	23	0.032	6.5	33	0.047	19.0	23	0.035	25.0	29	0.038	21.1			32	0.076	7.3			27	0.051	7.4									
1997	39	0.064	5.0	40	0.047	10.4	29	0.037	12.3	31	0.042	14.3			43	0.056	13.2			27	0.043	2.8									
1998	42	0.052	6.1	36	0.055	7.2	13	0.025	5.7	35	0.045	15.7			38	0.038	28.3			16	0.015	4.2									
1999	40	0.057	7.3	33	0.053	11.0	38	0.059	13.9	34	0.022	31.8			24	0.039	6.5			22	0.045	1.6									
2000	23	0.037	3.2	27	0.035	9.3	16	0.016	15.0	32	0.041	15.3			40	0.045	22.0			34	0.045	7.2									
2001	19	0.022	4.7	17	0.012	21.4	15	0.015	12.1	25	0.032	8.0			12	0.034	0.7			5	0.010	2.3									
2002	18	0.028	4.1	22	0.010	34.4	14	0.014	19.4	24	0.010	70.5			25	0.022	19.8			3	0.007	2.3									
2003	17	0.028	3.7	29	0.032	15.4	17	0.020	10.9	17	0.020	10.9			35	0.037	41.8			8	0.016	1.7									
2004	22	0.039	3.4	26	0.029	14.0	39	0.043	21.3	29	0.036	16.0			41	0.019	94.3			13	0.032	1.1									
2005	19	0.042	2.7	19	0.025	21.6	30	0.032	11.8	15	0.016	37.3			32	0.031	90.5			16	0.024	3.8									
2006	16	0.033	2.9	27	0.040	12.3	20	0.024	25.3	16	0.015	129.7			33	0.027	90.6			18	0.020	6.6									
2007	25	0.041	2.8	37	0.043	8.2	35	0.040	7.1	28	0.025	35.7			42	0.052	26.6			16	0.028	2.1									
2008	24	0.038	2.3	18	0.033	5.7	25	0.020	30.6	27	0.007	162.4			38	0.030	55.0			29	0.055	1.9									
2009	19	0.028	3.8	27	0.038	8.8	35	0.032	19.4	25	0.017	121.5			27	0.032	72.4			20	0.031	5.7									
2010	20	0.044	2.0	25	0.031	9.7	35	0.026	15.1	26	0.010	148.2			32	0.025	60.4			25	0.044	4.3									
2011	25	0.035	3.9	35	0.054	8.1	37	0.053	12.4	30	0.025	48.6			38	0.027	148.5			31	0.042	5.3									
2012	17	0.043	1.3	26	0.018	31.0	16	0.020	10.5	28	0.020	98.2			37	0.034	126.0	*		26	0.044	2.5									
2013	18	0.017	5.3	32	0.028	15.7	41	0.041	15.0	30	0.021	57.8			45	0.041	36.6			18	0.024	3.6									
2014	17	0.029	1.9	32	0.044	6.6	33	0.051	12.1	39	0.025	134.3			40	0.041	77.9	*		24	0.036	3.4									
Min.	16	0.017	1.3	17	0.010	5.7	13	0.014	5.7	15	0.007	8.0			12	0.019	0.7			16	0.020	1.9									
Máx.	42	0.064	7.3	40	0.065	34.4	41	0.059	30.6	39	0.045	162.4			45	0.076	148.5			31	0.055	6.6									
Prom.	23	0.038	3.9	29	0.035	14.9	27	0.032	15.5	28	0.025	62.6			34	0.037	53.6			23	0.036	3.9									
Med.	41	0.044	6.7	43	0.051	6.2	39	0.049	20.5	52	0.060	15.0			49	0.057	8.8			24	0.036	3.6									
Desv.	8	0.012	1.6	7	0.014	8.8	10	0.013	6.4	6	0.012	52.4			8	0.013	42.4			5	0.011	1.7									
Coef R.		0.74	0.61		0.79	0.46		0.81	0.63		0.48	-0.17				0.20	0.28				0.87	-0.13									

Amus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha								
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β
1994	51	0.086	5.4	58	0.070	6.2																								
1995	46	0.076	4.4	49	0.089	4.0	49	0.088	17.2	44	0.051	24.1			29	0.058	2.8													
1996	48	0.077	4.1	50	0.087	4.0	84	0.080	42.0	78	0.068	44.7			60	0.056	15.3			47	0.058	5.7								
1997	45	0.043	11.2	57	0.046	12.0	39	0.049	20.5	64	0.034	57.4			56	0.049	5.5			31	0.053	3.5								
1998	41	0.044	6.7	43	0.051	6.2	63	0.074	30.7	52	0.060	15.0			49	0.057	8.8			36	0.033	10.0								
1999	47	0.067	6.6	49	0.070	7.9	63	0.074	30.7	52	0.060	15.0			33	0.036	10.9			24	0.048	2.0								
2000	32	0.033	11.3	33	0.040	10.2	53	0.042	24.4	36	0.036	30.0			43	0.039	11.3			21	0.015	9.9								
2001	42	0.029	18.3	42	0.030	14.9	52	0.053	35.4	44	0.023	47.5			35	0.039	11.3			31	0.059	3.0								
2002	45	0.040	15.4	41	0.066	3.8	54	0.075	19.1	43	0.043	27.2			43	0.042	14.4			21	0.015	9.9								
2003	49	0.082	4.5	44	0.074	3.7	56	0.086	11.5	46	0.036	34.8			50	0.085	3.6			31	0.053	2.0								
2004	61	0.055	16.7	56	0.019	52.2	65	0.032	98.2	62	0.035	70.2			68	0.065	12.6			56	0.074	6.5								
2005	42	0.054	4.9	42	0.036	6.4	50	0.034	19.9	43	0.046	16.2			41	0.039	7.5													
2006	51	0.049	10.5	44	0.056	10.2	64	0.062	54.7	39	0.030	62.4			33	0.029	18.5			25	0.029	6.8								
2007	35	0.059	3.3	40	0.071	2.6	50	0.047	23.4	32	0.016	68.0			31	0.044	4.0			13	0.031	1.2								
2008	49	0.039	17.8	45	0.053	10.3	63	0.075	59.1	40	0.039	66.9	*		37	0.043	11.3			32	0.036	4.9								
2009	51	0.066	8.5	49	0.057	7.5	69	0.075	32.0	55	0.043	25.6			48	0.061	8.7			41	0.025	11.5								
2010	38	0.048	5.7	35	0.047	5.7	58	0.038	59.1	50	0.030	47.8			30	0.061	4.0			17	0.027	4.5								
2011	46	0.071	5.1	41	0.053	9.4	73	0.068	33.3	37	0.025	62.0			35	0.025	12.8			29	0.056	3.0								
2012	44	0.060	8.3	42	0.058	9.0	61	0.059	54.9	45	0.044	54.0			38	0.035	20.0			29	0.033	15.2								
2013	48	0.056	7.2	45	0.068	2.6	76	0.067	57.3	40	0.012	244.0			39	0.050	24.2			20	0.009	24.2								
2014	42	0.065	4.6	35	0.053	5.0	67	0.064	32.0	35	0.043	18.0			36	0.057	4.9			24	0.037	3.6								
Min.	32	0.029	3.3	32	0.019	2.6	39	0.032	11.5	32	0.012	15.0			29	0.025	2.8			13	0.009	1.2								
Máx.	61	0.086	18.3	58	0.089	52.2	84	0.088	98.2	78	0.068	244.0			68	0.085	20.0			41	0.056	24.2								
Prom.	45	0.057	8.6	44	0.056	9.2	60	0.062	38.1	47	0.037	53.5			41	0.049	9.7			26	0.031	8.3								
Med.	46	0.056	6.7	44	0.056	6.4	61	0.064	32.0	44	0.036	47.5			37	0.049	8.8			25	0.031	4.9				</				

Ambrosia

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha					
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β			
1994	7	0.023	0.7	9	0.016	3.0																					
1995	6	0.012	3.1	13	0.014	5.6																					
1996	16	0.011	24.5	13	0.009	28.0	14	0.010	3.9	12	0.035	1.5	19	0.008	26.4	16	0.042	1.1	16	0.028	2.8	7	0.017	1.0	18	0.025	2.9
1997	18	0.033	2.8	36	0.071	2.5	11	0.020	3.6	12	0.028	2.8	16	0.042	1.1	17	0.044	0.9	17	0.044	0.9	12	0.007	12.4	9	0.020	1.1
1998	11	0.023	1.7	31	0.074	2.0	5	0.012	1.8	15	0.030	2.5	5	0.006	8.0	5	0.006	8.0	5	0.006	8.0	5	0.006	8.0	5	0.006	8.0
1999	15	0.031	2.5	15	0.019	7.2	19	0.040	2.0	12	0.026	2.1	7	0.019	1.3	3	0.008	0.7	3	0.008	0.7	2	0.005	1.2	2	0.005	1.2
2000	3	0.007	2.1	3	0.014	1.4	4	0.012	1.4	7	0.019	1.3	6	0.017	0.7	5	0.013	2.4	5	0.013	2.4	7	0.014	2.3	7	0.014	2.3
2001	3	0.008	0.7	3	0.008	0.7	10	0.028	1.8	4	0.013	1.4	10	0.016	4.3	12	0.023	4.6	12	0.023	4.6	13	0.018	5.7	13	0.018	5.7
2002	10	0.027	1.8	8	0.017	2.2	4	0.013	1.4	10	0.016	4.3	10	0.016	4.3	18	0.039	2.6	18	0.039	2.6	6	0.017	1.8	6	0.017	1.8
2003	12	0.016	9.4	16	0.016	9.4	12	0.008	25.2	12	0.008	25.2	8	0.022	1.0	2	0.006	1.0	2	0.006	1.0	6	0.018	0.7	6	0.018	0.7
2004	8	0.010	7.8	19	0.025	5.6	6	0.015	1.8	7	0.016	1.4	8	0.022	1.0	8	0.020	1.0	8	0.020	1.0	3	0.007	1.0	3	0.007	1.0
2005	6	0.010	4.2	10	0.021	1.4	7	0.016	1.4	7	0.016	1.4	14	0.027	3.0	4	0.011	0.7	4	0.011	0.7	2	0.005	1.2	2	0.005	1.2
2006	7	0.011	4.5	10	0.021	1.4	4	0.011	0.7	9	0.023	1.2	15	0.019	6.7	7	0.016	1.4	7	0.016	1.4	15	0.033	1.3	15	0.033	1.3
2007	8	0.013	1.8	4	0.011	0.7	4	0.011	0.7	4	0.011	0.7	15	0.019	6.7	4	0.011	0.7	4	0.011	0.7	15	0.019	6.7	15	0.019	6.7
2008	5	0.009	2.7	8	0.019	1.6	20	0.019	5.7	20	0.019	5.7	10	0.016	2.6	7	0.019	0.9	7	0.019	0.9	11	0.029	0.8	11	0.029	0.8
2009	14	0.018	3.5	14	0.029	1.4	10	0.016	2.6	14	0.042	0.8	7	0.018	1.1	6	0.015	1.0	6	0.015	1.0	1	0.003	0.7	1	0.003	0.7
2010	9	0.019	1.7	8	0.017	1.1	7	0.019	0.9	7	0.019	0.9	9	0.022	1.4	5	0.015	1.0	5	0.015	1.0	4	0.010	1.0	4	0.010	1.0
2011	12	0.032	0.8	9	0.023	0.9	5	0.015	0.9	5	0.015	0.9	16	0.037	1.9	6	0.014	0.7	6	0.014	0.7	8	0.012	2.7	8	0.012	2.7
2012	9	0.019	1.5	6	0.013	1.3	11	0.027	1.2	11	0.027	1.2	16	0.037	1.9	11	0.027	1.2	11	0.027	1.2	4	0.006	4.9	4	0.006	4.9
2013	10	0.022	1.1	8	0.018	1.8	11	0.027	1.2	11	0.027	1.2	4	0.006	4.9	6	0.016	0.9	6	0.016	0.9	7	0.013	1.5	7	0.013	1.5
2014	9	0.013	2.2	10	0.026	0.8	11	0.025	1.8	11	0.025	1.8	4	0.006	4.9	6	0.016	0.9	6	0.016	0.9	8	0.012	2.7	8	0.012	2.7
2015	9	0.013	2.2	10	0.026	0.8	11	0.025	1.8	11	0.025	1.8	4	0.006	4.9	6	0.016	0.9	6	0.016	0.9	8	0.012	2.7	8	0.012	2.7
Coef R.		0.67	0.38		0.90	0.15		0.52	0.27		0.86	0.03		0.73	0.46		0.76	0.50		0.76	0.50		0.76	0.50		0.76	0.50
Min.	10	0.011	0.8	10	0.009	0.8	10	0.008	1.2	10	0.016	0.7	11	0.008	0.8	10	0.008	0.8	10	0.008	0.8	12	0.007	2.9	12	0.007	2.9
Max.	18	0.033	24.5	36	0.074	28.0	20	0.040	25.2	20	0.040	25.2	19	0.044	26.4	19	0.044	26.4	19	0.044	26.4	18	0.025	12.4	18	0.025	12.4
Prom.	13	0.024	5.1	18	0.030	6.4	13	0.022	5.3	14	0.031	2.7	16	0.031	6.1	16	0.031	6.1	16	0.031	6.1	14	0.019	6.2	14	0.019	6.2
Med.	12	0.023	2.5	15	0.023	4.0	11	0.020	2.6	14	0.029	2.3	17	0.034	1.8	17	0.034	1.8	17	0.034	1.8	14	0.021	4.8	14	0.021	4.8
Desv.	3	0.013	5.4	9	0.013	6.3	4	0.013	5.9	3	0.017	6.3	3	0.017	6.3	3	0.017	6.3	3	0.017	6.3	3	0.009	3.2	3	0.009	3.2
Coef R.		0.67	0.38		0.90	0.15		0.52	0.27		0.86	0.03		0.73	0.46		0.76	0.50		0.76	0.50		0.76	0.50		0.76	0.50

Artemisia

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha					
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β			
1994	48	0.094	2.6	48	0.089	2.5																					
1995	56	0.032	13.7	65	0.034	20.0																					
1996	81	0.099	6.8	90	0.119	6.3	67	0.102	4.2	78	0.036	94.1	84	0.077	14.2	84	0.077	14.2	84	0.077	14.2	92	0.115	8.3	92	0.115	8.3
1997	88	0.100	9.0	97	0.085	14.4	77	0.096	6.4	110	0.054	53.7	109	0.081	21.2	109	0.081	21.2	109	0.081	21.2	97	0.084	16.2	97	0.084	16.2
1998	88	0.096	5.4	88	0.130	4.6	59	0.105	2.4	95	0.052	27.9	89	0.091	6.9	89	0.091	6.9	89	0.091	6.9	94	0.091	9.8	94	0.091	9.8
1999	91	0.073	6.6	62	0.095	2.8	63	0.094	3.8	76	0.057	39.6	69	0.065	7.8	69	0.065	7.8	69	0.065	7.8	78	0.082	7.4	78	0.082	7.4
2000	90	0.154	2.3	68	0.062	7.3	58	0.123	1.8	84	0.070	7.6	51	0.087	2.3	51	0.087	2.3	51	0.087	2.3	42	0.095	1.5	42	0.095	1.5
2001	56	0.103	2.5	66	0.109	2.8	19	0.037	2.4	62	0.070	7.6	65	0.101	2.8	65	0.101	2.8	65	0.101	2.8	60	0.076	6.1	60	0.076	6.1
2002	68	0.118	4.5	67	0.087	6.0	49	0.070	3.5	62	0.022	55.6	89	0.077	9.6	89	0.077	9.6	89	0.077	9.6	59	0.055	8.0	59	0.055	8.0
2003	49	0.073	2.5	59	0.073	4.2	34	0.067	2.6	65	0.037	27.9	80	0.091	5.9	80	0.091	5.9	80	0.091	5.9	77	0.092	4.4	77	0.092	4.4
2004	61	0.077	6.4	67	0.090	6.8	59	0.096	4.7	94	0.059	19.7	90	0.129	5.6	90	0.129	5.6	90	0.129	5.6	84	0.078	11.4	84	0.078	11.4
2005	50	0.069	4.1	58	0.077	3.1	51	0.102	1.9	69	0.099	4.1	55	0.113	2.3	55	0.113	2.3	55	0.113	2.3	50	0.064	7.7	50	0.064	7.7
2006	63	0.111	2.1	32	0.062	1.7	46	0.087	2.3	45	0.030	10.2	43	0.069	2.6	43	0.069	2.6	43	0.069	2.6	40	0.062	2.6	40	0.062	2.6
2007	56	0.109	1.9	54	0.048	6.3	47	0.088	1.7	62	0.049	14.5	61	0.117	2.1	61	0.117	2.1	61	0.117	2.1	56	0.078	3.5	56	0.078	3.5
2008	72	0.111	2.8	72	0.075	6.1	37	0.048	3.0	69	0.069	11.1	63	0.119	1.9	63	0.119	1.9	63	0.119	1.9	66	0.077	4.7	66	0.077	4.7
2009	79	0.158	2.3	56	0.033	3.5	42	0.106	1.2	77	0.074	9.9	66	0.109	2.6	66	0.109	2.6	66	0.109	2.6	66	0.115	2.3	66	0.115	2.3
2010	81	0.104	3.8	54	0.044	11.6	52	0.105	2.0	68	0.051	18.5	52	0.098	3.1	52	0.098	3.1	52	0.098	3.1	61	0.094	6.3	61	0.094	6.3
2011	80	0.113	3.8	66	0.072	6.3	50	0.093	2.2	70	0.063	5.4	68	0.116	2.7	68	0.116	2.7	68	0.116	2.7	86	0.132	2.9	86	0.132	2.9
2012	68	0.078	4.5	51	0.052	6.7	20	0.056	1.8	75	0.040	17.5	59	0.093	3.4	59	0.093	3.4	59	0.093	3.4	41	0.085	1.9	41	0.085	1.9
2013	76	0.102	4.9	61	0.081	5.5	57	0.111	2.0	73	0.047	53.8	69	0.042	14.1	69	0.042	14.1	69	0.042	14.1	51	0.082	1.5	51	0.082	1.5
2014	64	0.105	3.0	66	0.055	9.1	34	0.087	1.3	54	0.095	5.9	69	0.128	3.0	69	0.128	3.0	69	0.128	3.0	58	0.099	3.4	58	0.099	

Benlia

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	33	0.024	16.3	47	0.033	23.8																				
1995	34	0.025	15.1	35	0.038	13.0																				
1996	15	0.030	1.5	18	0.037	1.7				15	0.030	1.8										19	0.057	0.8		
1997	66	0.066	22.7	61	0.055	30.0				38	0.054	13.3										51	0.056	14.9		
1998	20	0.042	2.1	22	0.052	1.0				13	0.027	1.2										10	0.023	1.2		
1999	42	0.050	9.3	43	0.049	10.9				54	0.049	17.2										22	0.033	6.1		
2000	8	0.021	0.8	8	0.023	0.7				5	0.014	0.7										2	0.006	0.7		
2001	58	0.094	4.3	63	0.125	3.4				29	0.045	3.0										45	0.095	1.7		
2002	49	0.043	17.6	45	0.045	12.1				58	0.071	12.3										29	0.028	12.7		
2003	38	0.024	22.4	28	0.039	5.3				46	0.037	37.4										38	0.019	19.5		
2004	49	0.018	79.6	55	0.023	59.7				72	0.044	44.2	**									37	0.026	22.5		
2005	36	0.024	17.6	35	0.029	8.2				55	0.024	38.6	4.5									28	0.024	12.0		
2006	42	0.022	25.0	52	0.038	16.2				67	0.113	8.3										39	0.023	25.5		
2007	31	0.012	93.5	43	0.019	43.5				41	0.022	58.9										26	0.028	7.1		
2008	41	0.041	6.0	49	0.053	7.6				53	0.049	17.1										26	0.029	4.6		
2009	34	0.026	28.8	45	0.034	14.8				48	0.048	16.7										39	0.062	1.6		
2010	49	0.035	14.7	37	0.044	7.4				51	0.034	34.2										21	0.034	27.1		
2011	38	0.056	5.2	33	0.029	9.2				46	0.055	8.5										24	0.034	3.4		
2012	34	0.042	5.3	35	0.044	5.6				30	0.059	3.7										25	0.039	4.7		
2013	51	0.051	10.1	40	0.055	5.7				68	0.065	18.3										41	0.053	2.1		
2014	42	0.023	21.7	43	0.031	17.4				54	0.036	52.1										36	0.039	11.8		
Coef R.		0.54	0.16		0.40	0.52					0.35	0.30										0.34	0.46		0.30	0.33

Min.	Max.	Prom.	Med.	Desv.	Coef R.	Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha		
						DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β
15	66	40	12	15	0.16	18	0.019	1.0	16	0.022	2.3	13	0.018	1.2	11	0.007	0.8	13	0.013	1.6	10	0.013	0.8	41	0.035	47.9
63	63	43	41	58.9	0.10	72	0.113	59.7	74	0.127	25.8	6	0.018	0.7	56	0.081	69.6	39	0.062	19.8	51	0.095	87.5	95	0.091	250.5
48	41	43	43	14.8	0.10	49	0.051	22.5	62	0.067	18.1	6	0.018	0.7	35	0.037	15.5	23	0.032	8.1	29	0.032	16.8	72	0.050	146.2
48	48	48	48	10.0	0.10	51	0.049	17.1	76	0.105	18.0	41	0.049	6.0	39	0.061	4.5	35	0.034	5.8	29	0.025	12.3	72	0.044	149.7
48	55	48	48	12.3	0.10	77	0.059	56.7	77	0.059	56.7	35	0.063	2.8	44	0.057	7.4	18	0.037	1.9	33	0.028	9.5	55	0.033	24.0
48	48	48	48	12.3	0.10	54	0.044	20.8	54	0.044	20.8	35	0.051	3.5	35	0.037	15.5	23	0.032	8.1	29	0.032	16.8	72	0.050	146.2
43	43	43	43	34.4	0.10	42	0.039	35.3	42	0.039	35.3	31	0.051	6.4	37	0.030	4.7	21	0.034	7.5	29	0.029	9.7	51	0.044	149.7
45	45	45	45	32.3	0.10	40	0.046	32.6	40	0.046	32.6	20	0.015	16.5	26	0.028	14.3	26	0.028	14.3	29	0.029	9.7	51	0.044	149.7
78	78	78	78	8.4	0.10	79	0.065	28.4	79	0.065	28.4	25	0.033	3.8	35	0.049	4.9	44	0.037	19.9	50	0.047	24.9	58	0.060	96.3
17	17	17	17	3.8	0.10	50	0.057	12.8	50	0.057	12.8	15	0.042	0.8	12	0.019	2.1	15	0.021	4.2	32	0.055	4.4	64	0.088	18.1
25	25	25	25	2.0	0.10	61	0.044	26.8	61	0.044	26.8	13	0.030	2.1	19	0.033	2.1	11	0.020	2.0	33	0.060	4.2	29	0.039	19.1
4.9	4.9	4.9	4.9	10.4	0.10	48	0.063	24.3	48	0.063	24.3	22	0.042	2.1	20	0.038	1.7	24	0.046	2.0	24	0.036	6.3	49	0.045	38.7
3.4	3.4	3.4	3.4	0.053	0.10	54	0.076	12.4	54	0.076	12.4	27	0.040	4.4	41	0.037	10.0	45	0.077	3.5	33	0.048	17.6	49	0.052	23.9
13.8	13.8	13.8	13.8	11.8	0.10	52	0.069	13.8	52	0.069	13.8	41	0.079	4.2	35	0.034	7.8	40	0.034	11.5	48	0.025	26.1	37	0.042	38.3
5.1	5.1	5.1	5.1	0.049	0.10	63	0.049	40.8	63	0.049	40.8	32	0.057	4.7	34	0.048	6.0	34	0.058	3.2	42	0.056	6.6	58	0.064	45.2
8.0	8.0	8.0	8.0	24.2	0.10	53	0.047	33.5	53	0.047	33.5	20	0.020	9.8	21	0.018	8.7	21	0.033	5.7	21	0.033	14.0	42	0.029	27.0
3.6	3.6	3.6	3.6	0.54	0.10	44	0.075	6.1	44	0.075	6.1	34	0.071	3.2	27	0.023	7.5	26	0.042	3.0	19	0.036	2.5	43	0.050	18.3
17	17	17	17	2.0	0.10	13	0.018	6.1	13	0.018	6.1	13	0.018	0.8	12	0.018	1.7	11	0.020	2.0	19	0.019	2.5	29	0.029	18.1
66	66	66	66	32.3	0.10	79	0.127	56.7	79	0.127	56.7	43	0.098	16.5	60	0.092	19.9	45	0.077	11.5	60	0.065	27.4	64	0.065	96.3
9.6	9.6	9.6	9.6	16.7	0.10	59	0.063	27.3	59	0.063	27.3	29	0.048	5.2	32	0.042	6.7	29	0.045	4.4	39	0.042	12.2	47	0.049	37.9
7.8	7.8	7.8	7.8	0.047	0.10	57	0.059	25.8	57	0.059	25.8	29	0.046	4.4	24	0.037	6.0	26	0.042	3.5	36	0.047	9.2	47	0.050	27.0
6.9	6.9	6.9	6.9	11.2	0.10	13	0.023	15.1	13	0.023	15.1	10	0.023	3.7	12	0.017	4.5	13	0.020	2.9	12	0.015	8.1	10	0.012	25.1
0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.10	44	0.075	6.1	44	0.075	6.1	34	0.071	3.2	27	0.023	7.5	26	0.042	3.0	19	0.036	2.5	43	0.050	18.3

Castansea

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha			
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	
1994	48	0.039	20.7	66	0.042	22.2																			
1995	41	0.046	9.5	60	0.056	13.8																			
1996	56	0.080	7.1	46	0.071	7.5				74	0.127	25.8	***									60	0.052	27.4	
1997	38	0.061	4.9	35	0.022	14.0				62	0.067	18.1													

Castarina

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	21	0.028	6.4	7	0.015	1.4																				
1995	31	0.040	3.5	11	0.027	1.2																				
1996	21	0.041	2.0	8	0.018	1.1																				
1997	38	0.050	4.0	26	0.056	1.3																				
1998	38	0.048	3.5	14	0.056	0.8																				
1999	27	0.051	3.0	3	0.008	0.7																				
2000	34	0.028	5.4	14	0.037	0.8																				
2001	28	0.029	7.0	11	0.015	2.7																				
2002	42	0.051	4.1	6	0.017	0.7																				
2003	42	0.082	1.4	8	0.020	1.1																				
2004	35	0.061	2.2	6	0.015	0.9																				
2005	31	0.062	1.7	7	0.017	1.0																				
2006	24	0.015	12.7	8	0.018	1.3																				
2007	26	0.051	1.7	7	0.017	1.0																				
2008	14	0.028	2.7	4	0.010	1.8																				
2009	37	0.046	4.7	13	0.029	1.5																				
2010	33	0.046	2.5	14	0.029	1.4																				
2011	45	0.086	2.5	11	0.022	1.3																				
2012	36	0.058	2.3	16	0.038	1.1																				
2013	25	0.044	5.0	9	0.018	2.3																				
2014	25	0.032	6.6	12	0.015	4.3																				
Coef R.		0.70	-0.28		0.63	0.12																				

Chenopodiaceae - Amaranthaceae

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	159	0.221	6.6	183	0.297	5.9																				
1995	183	0.145	9.3	204	0.233	7.6																				
1996	187	0.290	4.9	161	0.288	5.0																				
1997	178	0.219	7.4	212	0.283	6.3																				
1998	209	0.304	5.4	196	0.275	6.9																				
1999	198	0.436	3.7	191	0.484	2.7																				
2000	191	0.381	4.5	177	0.390	3.8																				
2001	216	0.417	3.7	187	0.420	2.4																				
2002	190	0.286	9.4	178	0.371	3.9																				
2003	179	0.220	7.1	161	0.152	8.9																				
2004	168	0.306	3.8	166	0.268	4.9																				
2005	186	0.303	4.5	152	0.256	3.7																				
2006	170	0.259	4.5	165	0.356	2.8																				
2007	159	0.274	4.0	165	0.356	2.8																				
2008	175	0.339	3.3	170	0.390	3.7																				
2009	188	0.346	4.3	175	0.371	2.7																				
2010	175	0.312	4.7	155	0.301	3.4																				
2011	180	0.384	3.4	183	0.345	3.5																				
2012	175	0.381	3.4	163	0.321	2.8																				
2013	180	0.277	4.7	146	0.282	2.8																				
2014	177	0.338	3.3	167	0.352	2.8																				
Coef R.		0.45	0.01		0.16	0.38																				

Corvylus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	22	0.183	72.3	90	0.144	5.8	56	0.111	4.9	28	0.052	3.0	29	0.054	2.2	50	0.078	8.1								
1995	64	0.046	15.4	61	0.054	16.6	37	0.020	4.9	24	0.008	2.1	29	0.008	2.2	26	0.011	1.8								
1996	48	0.080	2.5	43	0.091	2.0	70	0.078	21.6	56	0.084	6.8	80	0.112	7.8	84	0.050	50.0								
1997	59	0.069	7.0	80	0.114	5.3	37	0.047	12.0	26	0.017	12.0	65	0.038	17.3	63	0.048	14.4								
1998	52	0.054	8.1	60	0.059	8.8	77	0.086	22.9	44	0.071	4.4	59	0.094	7.3	94	0.056	156.2								
1999	69	0.091	8.2	76	0.079	13.6	51	0.057	12.6	32	0.063	3.4	52	0.100	2.9	69	0.041	35.6								
2000	48	0.056	7.7	44	0.061	6.6	38	0.063	12.5	24	0.039	3.6	45	0.039	8.4	44	0.038	24.7								
2001	43	0.051	9.7	35	0.049	6.7	38	0.063	12.5	24	0.039	3.6	45	0.039	8.4	44	0.038	24.7								
2002	46	0.068	11.5	44	0.068	5.3	53	0.059	26.0	31	0.025	13.2	49	0.069	7.1	68	0.114	4.7								
2003	60	0.075	6.1	63	0.105	3.3	77	0.107	9.0	39	0.078	2.1	77	0.083	3.6	70	0.083	11.0								
2004	74	0.090	8.7	65	0.054	18.3	77	0.048	47.9	53	0.038	11.1	70	0.084	15.0	87	0.041	126.9								
2005	46	0.079	3.0	49	0.069	3.3	60	0.058	7.7	40	0.037	8.5	49	0.056	5.3	58	0.045	32.6								
2006	71	0.094	8.4	63	0.078	7.5	76	0.081	38.1	38	0.053	4.0	57	0.087	5.2	34	0.059	3.3								
2007	73	0.017	115.1	65	0.010	167.4	92	0.020	131.6	25	0.008	48.2	46	0.008	115.8	26	0.011	28.6								
2008	53	0.061	8.9	67	0.090	7.2	76	0.077	36.7	48	0.056	6.6	56	0.088	6.4	34	0.029	6.3								
2009	64	0.084	9.5	60	0.105	8.0	75	0.111	20.5	47	0.061	6.8	62	0.088	10.0	47	0.055	5.7								
2010	36	0.071	2.5	43	0.076	2.8	71	0.054	17.3	33	0.023	6.6	44	0.072	3.2	26	0.044	2.6								
2011	59	0.076	10.0	65	0.087	6.1	82	0.096	17.3	57	0.057	8.3	63	0.072	8.0	39	0.043	7.2								
2012	68	0.097	6.9	59	0.077	6.7	78	0.075	27.5	51	0.046	12.0	54	0.078	6.8	34	0.042	7.6								
2013	41	0.073	5.3	50	0.098	2.5	90	0.079	31.9	53	0.075	5.0	58	0.089	5.0	28	0.065	1.8								
2014	49	0.056	7.4	56	0.065	6.6	85	0.100	12.3	43	0.055	13.1	50	0.054	9.8	32	0.031	9.5								
Min.	36	0.017	2.5	35	0.010	2.0	37	0.020	4.9	24	0.008	2.1	29	0.008	2.2	26	0.011	1.8								
Max.	74	0.110	115.1	90	0.144	167.4	92	0.111	131.6	57	0.084	48.2	80	0.114	115.8	47	0.065	28.6								
Prom.	58	0.071	12.8	59	0.078	14.8	70	0.074	26.9	40	0.049	9.4	55	0.073	13.1	33	0.042	8.1								
Med.	59	0.073	8.1	60	0.077	6.6	76	0.077	20.5	40	0.053	6.8	56	0.078	7.1	34	0.043	6.3								
Dev.	11	0.021	23.6	13	0.028	35.2	16	0.025	27.8	11	0.021	10.0	13	0.027	25.2	7	0.017	8.1								
Coef R.	0.28	0.35		0.45	0.14		0.20	0.48		0.61	-0.26		0.65	-0.11		0.32	-0.28									

Cupressaceae

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha			
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	
1994	222	0.183	72.3	243	0.222	42.9	230	0.103	370.3	209	0.149	102.7	230	0.065	651.6	210	0.044	1363.0							
1995	249	0.116	149.6	248	0.111	113.5	261	0.233	67.3	221	0.071	329.9	255	0.055	706.1	238	0.069	837.0							
1996	238	0.160	148.7	261	0.233	67.3	221	0.071	329.9	225	0.087	150.2	232	0.071	393.9	246	0.088	1170.0							
1997	240	0.077	366.9	246	0.084	219.3	224	0.100	119.3	225	0.087	150.2	232	0.071	393.9	246	0.088	1170.0							
1998	258	0.125	148.3	253	0.130	101.4	205	0.100	119.3	225	0.087	150.2	232	0.071	393.9	246	0.088	1170.0							
1999	284	0.117	168.2	264	0.147	105.8	256	0.119	154.1	250	0.151	74.4	264	0.116	162.4	264	0.116	162.4							
2000	241	0.085	230.1	237	0.069	237.4	205	0.104	153.2	173	0.093	156.7	223	0.075	267.1	208	0.078	184.2							
2001	260	0.144	98.6	248	0.107	158.8	200	0.099	116.5	227	0.123	87.3	242	0.078	386.1	234	0.182	66.8							
2002	273	0.149	148.8	254	0.196	56.3	251	0.106	214.2	214	0.152	83.0	286	0.351	41.6	240	0.163	129.3							
2003	254	0.090	210.3	245	0.091	229.5	224	0.127	134.1	215	0.068	271.2	263	0.116	247.6	249	0.122	161.7							
2004	260	0.189	59.2	282	0.152	90.2	260	0.130	96.8	260	0.071	199.0	275	0.139	95.5	272	0.131	181.1							
2005	243	0.108	133.5	233	0.070	337.5	230	0.043	538.0	217	0.071	438.0	230	0.075	252.5	210	0.044	1363.0							
2006	246	0.132	88.5	233	0.078	174.7	239	0.174	69.5	206	0.048	459.0	237	0.141	82.4	249	0.142	131.2							
2007	231	0.104	127.6	261	0.089	168.6	259	0.120	115.1	206	0.047	488.6	246	0.105	96.9	289	0.114	184.1							
2008	239	0.098	153.6	256	0.095	231.0	232	0.124	192.0	222	0.066	400.1	225	0.098	123.0	246	0.088	1170.0							
2009	266	0.077	421.4	268	0.082	516.6	244	0.110	315.9	243	0.089	421.2	254	0.072	441.2	259	0.074	2705.0							
2010	262	0.092	198.7	240	0.105	130.5	244	0.127	136.5	243	0.092	337.5	261	0.149	85.4	242	0.101	335.0							
2011	254	0.090	382.5	230	0.085	411.3	220	0.097	335.9	214	0.044	1744.1	233	0.092	304.0	229	0.066	1161.0							
2012	263	0.113	203.7	245	0.090	317.8	205	0.100	316.5	205	0.081	495.6	254	0.122	150.0	232	0.086	2932.0							
2013	287	0.165	138.9	284	0.144	111.5	267	0.090	273.7	251	0.062	1080.7	276	0.189	121.8	218	0.110	533.0							
2014	244	0.118	228.1	260	0.083	468.9	246	0.091	398.1	213	0.087	961.5	268	0.125	232.1	246	0.126	1557.0							
Min.	222	0.077	59.2	230	0.069	42.9	200	0.043	69.5	173	0.044	74.4	223	0.055	41.6	210	0.044	335.0							
Max.	287	0.189																							

Ericaceae

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	61	0.110	3.1	63	0.089	4.4																				
1995	73	0.074	6.8																							
1996	82	0.063	10.8	91	0.059	15.2	117	0.111	21.3	***	20	0.057	1.1	55	0.119	2.2	73	0.047	12.4	61	0.063	7.3	59	0.116	2.2	
1997	94	0.091	14.9	92	0.082	19.1	132	0.078	46.6	***	36	0.034	5.8	73	0.047	12.4	58	0.051	5.9	53	0.029	12.4	53	0.014	29.4	
1998	79	0.028	22.8	90	0.066	9.7	132	0.113	19.5	**	33	0.081	1.0	58	0.120	1.6	58	0.120	1.6	52	0.014	29.4	38	0.058	3.9	
1999	94	0.048	19.2	79	0.075	8.6	132	0.113	19.5	**	31	0.081	1.0	58	0.120	1.6	46	0.059	3.2	46	0.093	1.4	46	0.093	1.4	
2000	77	0.059	13.1	65	0.066	6.4	86	0.041	41.8		16	0.045	0.8	23	0.047	1.4	23	0.047	1.4	23	0.047	1.4	23	0.047	1.4	
2001	71	0.101	2.8	68	0.098	3.3	77	0.115	5.3		18	0.051	0.7	18	0.051	0.7	18	0.051	0.7	18	0.051	0.7	18	0.051	0.7	
2002	77	0.019	53.2	59	0.039	13.9	95	0.072	33.5	**	24	0.047	1.8	82	0.038	16.7	82	0.038	16.7	82	0.038	16.7	82	0.038	16.7	
2003	81	0.009	186.8	82	0.054	24.5	103	0.119	19.6	†	34	0.091	1.1	80	0.077	9.4	80	0.077	9.4	80	0.077	9.4	80	0.077	9.4	
2004	65	0.110	2.6	63	0.086	3.8	108	0.092	17.8		30	0.066	1.4	45	0.056	3.5	45	0.056	3.5	45	0.056	3.5	45	0.056	3.5	
2005	66	0.059	6.3	53	0.078	3.7	89	0.137	13.7		39	0.083	0.9	39	0.083	0.9	39	0.083	0.9	39	0.083	0.9	39	0.083	0.9	
2006	60	0.040	11.2	60	0.039	13.6	99	0.051	68.1	***	30	0.083	2.4	57	0.080	3.5	57	0.080	3.5	57	0.080	3.5	57	0.080	3.5	
2007	71	0.101	3.6	70	0.108	3.5	113	0.137	7.3		26	0.041	2.9	51	0.082	2.7	43	0.048	3.7	43	0.048	3.7	43	0.048	3.7	
2008	70	0.059	6.0	79	0.128	2.8	100	0.131	15.9		15	0.037	1.0	33	0.049	2.7	51	0.064	3.0	58	0.119	1.7	11	0.032	0.7	
2009	92	0.069	12.0	78	0.096	10.0	107	0.143	10.6		20	0.037	1.6	60	0.076	3.5	56	0.120	1.4	74	0.065	22.5	13	0.036	0.8	
2010	69	0.046	9.3	73	0.072	7.2	106	0.126	13.6		24	0.061	1.1	48	0.072	3.4	61	0.100	2.8	58	0.091	2.4	12	0.018	3.9	
2011	91	0.136	4.6	76	0.084	15.4	105	0.072	44.0	*	41	0.068	2.4	63	0.038	16.9	47	0.101	1.3	68	0.069	9.8	26	0.055	1.6	
2012	57	0.035	14.7	66	0.056	9.4	77	0.057	22.0		34	0.092	1.1	62	0.105	2.3	37	0.089	1.2	32	0.016	8.7	22	0.051	1.3	
2013	69	0.064	5.1	69	0.062	7.3	110	0.074	35.3	***	26	0.065	1.3	36	0.020	11.1	23	0.070	0.9	57	0.060	6.6	19	0.038	1.4	
2014	63	0.048	8.3	81	0.076	7.1	103	0.049	61.4	***	30	0.065	2.4	68	0.116	2.8	60	0.059	4.4	44	0.094	1.6	26	0.064	1.2	
Coef R.	0.09	0.20		0.16	0.44		0.19	0.13			0.60	0.39		0.26	0.32		0.31	0.58		0.21	0.27		0.88	-0.18		

Fragus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha			
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	
1994	2	0.006	1.4	9	0.023	0.9																			
1995	11	0.021	2.1	14	0.031	2.4																			
1996	2	0.006	0.7	1	0.003	0.7	4	0.012	1.0																
1997	17	0.028	2.2	17	0.024	2.3	25	0.040	4.7		10	0.019	2.8	9	0.023	0.9	6	0.014	1.4	6	0.014	1.4	6	0.014	1.4
1998	2	0.006	0.7	8	0.022	0.7	9	0.024	1.2		3	0.008	0.7	10	0.014	4.2	10	0.014	1.6	9	0.018	1.6	9	0.018	1.6
1999	9	0.009	4.9	14	0.031	1.6	34	0.041	9.0		13	0.020	2.2	10	0.014	4.2	10	0.014	1.6	9	0.018	1.6	9	0.018	1.6
2000	2	0.006	0.7	2	0.006	0.7	4	0.009	1.4		4	0.009	1.4	4	0.009	1.4	4	0.009	1.4	4	0.009	1.4	4	0.009	1.4
2001	2	0.005	1.2	3	0.007	1.0	6	0.013	1.7		2	0.005	1.2	2	0.005	1.3	15	0.035	1.3	1	0.003	0.7	1	0.003	0.7
2002	12	0.026	2.4	16	0.031	1.9	27	0.048	9.2		7	0.022	0.9	9	0.019	1.8	9	0.019	1.8	4	0.012	0.7	4	0.012	0.7
2003	2	0.005	0.7	1	0.003	0.7	7	0.022	0.9		7	0.022	0.9	15	0.035	1.3	38	0.032	11.4	2	0.006	0.7	2	0.006	0.7
2004	31	0.022	15.9	33	0.023	15.1	59	0.075	13.5		32	0.009	50.6	3	0.003	2.8	8	0.014	5.0	24	0.022	12.2	24	0.022	12.2
2005	4	0.011	3.3	4	0.011	3.3	37	0.025	12.9		13	0.023	3.6	19	0.029	5.4	6	0.017	0.9	25	0.022	5.3	25	0.022	5.3
2006	13	0.016	3.3	14	0.029	1.7	37	0.025	12.9		13	0.023	3.6	19	0.029	5.4	3	0.007	1.0	18	0.030	2.6	18	0.030	2.6
2007	4	0.011	0.7	9	0.015	1.8	21	0.033	2.6		2	0.006	0.7	4	0.017	1.4	8	0.014	5.0	3	0.007	1.0	3	0.007	1.0
2008	1	0.003	0.7	2	0.005	0.7	6	0.012	1.8		4	0.010	1.0	1	0.003	0.7	1	0.003	0.7	1	0.003	0.7	1	0.003	0.7
2009	22	0.036	2.8	15	0.027	4.2	36	0.037	13.0		14	0.024	3.0	12	0.018	5.8	11	0.020	1.8	15	0.043	2.1	15	0.043	2.1
2010	9	0.018	1.5	10	0.022	1.0	23	0.039	3.5		19	0.031	2.0	10	0.026	10.6	9	0.006	10.6	13	0.032	1.1	13	0.032	1.1
2011	14	0.017	5.8	12	0.013	5.3	26	0.036	7.4		3	0.009	0.7	6	0.012	1.7	3	0.007	1.0	5	0.010	2.3	5	0.010	2.3
2012	1	0.003	0.7	2	0.005	0.7	6	0.018	1.0		3	0.009	0.7	3	0.008	0.7	3	0.009	0.7	3	0.009	0.7	3	0.009	0.7
2013	29	0.055	2.9	24	0.041	3.3	56	0.067	18.0		33	0.063	3.7	27	0.029	9.2	17	0.028	4.0	9	0.012	3.9	9	0.012	3.9
2014	3	0.007	1.6	4	0.010	1.0	16	0.043	0.9		5	0.010	2.2	5	0.015	0.7	4	0.010	1.0	4	0.008	1.4	4	0.008	1.4
Coef R.																									

Fragaria

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha					
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β			
1994	59	0.111	5.0	75	0.094	6.3																					
1995	87	0.059	17.2	73	0.047	22.4																					
1996	59	0.092	3.5	52	0.064	5.0																					
1997	91	0.155	5.2	86	0.131	7.7																					
1998	74	0.068	9.3	71	0.067	8.5																					
1999	77	0.073	14.1	78	0.082	14.0																					
2000	79	0.121	3.8	60	0.077	5.8																					
2001	47	0.069	2.7	53	0.073	4.1																					
2002	77	0.050	22.5	70	0.063	9.3																					
2003	72	0.022	36.3	54	0.092	2.6																					
2004	92	0.107	5.9	90	0.134	4.7																					
2005	68	0.054	8.3	80	0.078	8.6																					
2006	81	0.086	12.5	86	0.086	9.7																					
2007	77	0.049	16.0	83	0.114	5.6																					
2008	89	0.112	9.5	92	0.149	6.6																					
2009	84	0.085	13.8	91	0.084	20.0																					
2010	73	0.047	21.8	65	0.044	15.0																					
2011	96	0.100	9.8	93	0.045	28.3																					
2012	93	0.031	37.7	91	0.046	19.7																					
2013	99	0.104	9.8	86	0.091	8.9																					
2014	91	0.120	6.3	85	0.172	3.7																					
Min.	47	0.022	2.7	52	0.044	2.6																					
Max.	99	0.155	37.7	93	0.172	28.3																					
Prom.	79	0.082	12.9	77	0.087	10.3																					
Med.	73	0.085	9.8	80	0.082	8.5																					
Dev.	13	0.034	9.8	14	0.035	7.0																					
Coef.R.	0.29	0.18		0.36	0.40																						

Moraceae

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha					
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β			
1994	15	0.024	7.2	10	0.019	2.2																					
1995	27	0.044	10.5	34	0.038	6.1																					
1996	25	0.025	9.8	28	0.043	5.9																					
1997	54	0.074	12.9	52	0.085	5.3																					
1998	54	0.083	6.3	37	0.064	6.4																					
1999	50	0.036	38.2	42	0.065	6.7																					
2000	51	0.066	5.6	42	0.058	5.4																					
2001	48	0.082	4.6	45	0.018	74.4																					
2002	74	0.107	6.6	59	0.056	33.8																					
2003	75	0.073	11.5	43	0.042	28.5																					
2004	65	0.058	23.9	54	0.092	6.7																					
2005	60	0.071	12.9	51	0.026	88.1																					
2006	62	0.094	9.5	62	0.091	15.3																					
2007	72	0.094	7.3	62	0.091	15.3																					
2008	59	0.110	4.4	45	0.067	10.6																					
2009	80	0.136	9.7	67	0.096	17.6																					
2010	55	0.083	17.6	50	0.051	46.3																					
2011	48	0.065	30.7	51	0.055	73.5																					
2012	61	0.080	13.7	60	0.049	72.8																					
2013	62	0.075	19.2	56	0.065	35.4																					
2014	56	0.069	16.0	59	0.073	40.1																					
Min.	15	0.024	4.4	10	0.018	2.2																					
Max.	80	0.136	38.2	67	0.096	88.1																					
Prom.	55	0.074	13.2	47	0.056	29.4																					
Med.	56	0.074	10.5	50	0.055	17.6																					
Dev.	16	0.027	8.7	13	0.023	27.4																					
Coef.R.	0.80	0.00		0.60	0.37																						

Pinus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha						
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β				
1994	185	0.133	70.3	204	0.134	103.9	210	0.193	116.6	156	0.177	39.6	218	0.111	192.2	152	0.056	296.0	176	0.066	349.0	209	0.175	96.6	148	0.121	104.4	*
1995	206	0.181	37.2	197	0.168	67.9	210	0.193	116.6	156	0.177	39.6	218	0.111	192.2	152	0.056	296.0	176	0.066	349.0	209	0.175	96.6	148	0.121	104.4	*
1996	222	0.102	187.8	216	0.074	385.7	237	0.131	163.2	177	0.093	73.6	198	0.165	93.5	215	0.054	758.0	181	0.058	371.0	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
1997	211	0.094	222.6	219	0.125	248.8	230	0.229	80.4	163	0.165	92.8	229	0.179	190.4	202	0.077	261.0	189	0.120	249.3	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
1998	266	0.194	102.6	250	0.149	188.2	231	0.156	67.3	163	0.137	16.9	173	0.129	28.1	223	0.125	292.1	189	0.120	249.3	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
1999	194	0.234	30.9	189	0.130	85.3	231	0.156	67.3	163	0.137	16.9	173	0.129	28.1	223	0.125	292.1	189	0.120	249.3	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
2000	183	0.147	105.0	180	0.091	246.0	194	0.146	135.4	180	0.197	29.1	171	0.115	129.2	223	0.125	292.1	189	0.120	249.3	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
2001	209	0.207	41.2	208	0.112	115.3	169	0.158	53.4	156	0.121	18.4	205	0.107	63.5	176	0.076	802.0	188	0.102	248.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**
2002	197	0.173	71.9	197	0.095	127.6	184	0.106	160.8	162	0.213	21.2	226	0.208	66.4	152	0.056	296.0	176	0.066	349.0	209	0.175	96.6	148	0.121	104.4	*
2003	233	0.110	116.3	213	0.118	168.7	192	0.193	141.9	165	0.172	42.9	240	0.159	171.2	226	0.208	66.4	205	0.107	63.5	176	0.076	802.0	188	0.102	248.0	**
2004	232	0.188	67.2	237	0.100	246.7	244	0.296	66.8	203	0.130	75.1	240	0.161	143.3	226	0.208	66.4	205	0.107	63.5	176	0.076	802.0	188	0.102	248.0	**
2005	189	0.132	70.7	185	0.096	213.4	198	0.190	92.6	150	0.149	68.1	191	0.143	148.3	170	0.147	81.0	184	0.164	157.6	189	0.120	249.3	202	0.077	261.0	**
2006	153	0.128	54.9	173	0.053	321.1	168	0.173	113.3	121	0.107	43.8	170	0.147	81.0	152	0.056	296.0	176	0.066	349.0	209	0.175	96.6	148	0.121	104.4	*
2007	188	0.148	82.7	196	0.090	354.9	225	0.252	88.5	178	0.124	66.3	197	0.126	138.9	176	0.076	802.0	188	0.102	248.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**
2008	209	0.177	51.8	207	0.100	219.9	231	0.181	104.8	170	0.187	27.5	184	0.164	157.6	152	0.056	296.0	176	0.066	349.0	209	0.175	96.6	148	0.121	104.4	*
2009	218	0.153	118.2	191	0.137	223.8	229	0.134	202.0	165	0.089	146.9	201	0.166	157.6	181	0.058	371.0	215	0.054	758.0	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
2010	217	0.147	135.3	204	0.068	353.8	218	0.156	183.9	160	0.110	119.0	189	0.120	249.3	223	0.125	292.1	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**			
2011	213	0.154	127.2	206	0.084	485.3	218	0.186	140.6	181	0.115	70.2	223	0.125	292.1	223	0.125	292.1	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**			
2012	203	0.140	121.1	210	0.075	378.4	192	0.144	206.7	184	0.124	146.5	223	0.125	292.1	196	0.080	507.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**			
2013	225	0.194	59.6	205	0.058	366.8	217	0.219	69.6	176	0.111	62.2	210	0.134	84.0	188	0.102	248.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**			
2014	196	0.176	85.0	199	0.094	280.2	209	0.188	169.0	147	0.145	121.6	207	0.126	259.1	188	0.102	248.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**			
		<i>0.21</i>	<i>0.28</i>		<i>0.29</i>	<i>0.00</i>		<i>0.38</i>	<i>-0.04</i>		<i>0.08</i>	<i>0.20</i>		<i>0.05</i>	<i>0.40</i>		<i>0.25</i>	<i>0.36</i>		<i>0.17</i>	<i>0.77</i>		<i>0.23</i>	<i>0.00</i>		<i>-0.52</i>	<i>0.41</i>	
Min.	153	0.094	30.9	173	0.053	67.9	168	0.106	53.4	121	0.089	16.9	170	0.107	28.1	152	0.054	758.0	181	0.058	371.0	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
Max.	266	0.234	222.6	250	0.168	485.3	244	0.296	206.7	213	0.213	146.9	240	0.208	292.1	215	0.054	758.0	215	0.054	758.0	202	0.077	261.0	155	0.117	261.2	**
Prom.	207	0.158	93.3	204	0.102	246.7	211	0.181	124.0	169	0.138	67.5	205	0.134	143.3	192	0.076	802.0	188	0.102	248.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**
Med.	209	0.153	82.7	204	0.096	246.0	217	0.181	116.6	165	0.127	66.3	205	0.134	143.3	192	0.076	802.0	188	0.102	248.0	192	0.118	73.4	168	0.079	123.3	**
Dev.	23	0.036	48.6	18	0.030	113.9	23	0.045	47.9	21	0.034	41.5	22	0.027	76.9	18	0.036	486.1	18	0.036	486.1	23	0.046	86.1	21	0.017	70.2	**
Coef.R.	<i>0.21</i>	<i>0.28</i>		<i>0.29</i>	<i>0.00</i>		<i>0.38</i>	<i>-0.04</i>		<i>0.08</i>	<i>0.20</i>		<i>0.05</i>	<i>0.40</i>		<i>0.25</i>	<i>0.36</i>		<i>0.17</i>	<i>0.77</i>		<i>0.23</i>	<i>0.00</i>		<i>-0.52</i>	<i>0.41</i>		

Pistacia

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha						
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β				
1994	28	0.062	2.1	45	0.092	2.8	17	0.033	4.8	27	0.041	4.7	42	0.085	2.8	34	0.055	5.6	34	0.044	19.9	35	0.058	7.3	2	0.005	1.2	
1995	30	0.048	4.2	46	0.081	4.4	32	0.055	2.8	30	0.046	6.1	35	0.053	13.9	28	0.037	0.8	53	0.045	19.6	43	0.061	4.7	1	0.003	0.7	
1996	19	0.032	2.4	32	0.055	2.8	30	0.046	6.1	35	0.053	13.9	48	0.073	5.1	41	0.061	6.0	53	0.045	19.6	43	0.061	4.7	3	0.008	1.0	
1997	39	0.065	6.1	52	0.073	8.3	42	0.078	3.5	23	0.041	2.6	39	0.071	4.1	39	0.045	5.0	53	0.045	19.6	43	0.061	4.7	3	0.008	1.0	
1998	35	0.060	3.5	42	0.078	3.5	29	0.052	3.8	23	0.038	3.3	39	0.071	4.1	33	0.053	4.0	53	0.045	19.6	43	0.061	4.7	3	0.008	1.0	
1999	46	0.085	2.8	46	0.079	3.9	29	0.052	3.8	23	0.038	3.3	39	0.071	4.1	33	0.053	4.0	53	0.045	19.6	43	0.061	4.7	3	0.008	1.0	
2000	39	0.069	3.0	40	0.076	2.4	28	0.040	4.3	27	0.045	3.9	33	0.053	4.0	34	0.031	11.5	34	0.064	2.7	26	0.027	10.9	29	0.056	3.4	
2001	32	0.053	3.7	35	0.041	6.7	25	0.051	2.8	21	0.029	2.9	34	0.031	11.5	34	0.031	11.5	34	0.064	2.7	26	0.027	10.9	29	0.056	3.4	
2002	40	0.072	3.3	45	0.084	2.9	36	0.059	4.5	30	0.061	3.6	41	0.061	6.0	41	0.061	6.0	41	0.061	6.0	41	0.061	6.0	34	0.042	7.0	
2003	38	0.060	4.3	34	0.044	7.7	36	0.082	4.1	25	0.040	7.3	39	0.045	23.8	39	0.045	23.8	39	0.045	23.8	39	0.045	23.8	26	0.027	10.9	
2004	29	0.061	1.3	38	0.073	3.2	29	0.053	2.0	36	0.047	3.5	37	0.059	5.0	37	0.059	5.0	37	0.059	5.0	37	0.059	5.0	29	0.056	3.4	
2005	25	0.039	5.5	34	0.050	7.4	25	0.044	5.1	25	0.041	7.4	35	0.044	19.9	35	0.044	19.9	35	0.044	19.9	35	0.044	19.9	35	0.058	7.3	
2006	18	0.040	1.4	22	0.048	1.5	22	0.039	2.6	13	0.037	0.8	28	0.053	2.5	28	0.053	2.5	28	0.053	2.5	28	0.053	2.5	33	0.074	2.1	
2007	32	0.080	0.9	48	0.083	2.9	28	0.041	2.8	30	0.061	2.8	42	0.046	8.1	42	0.046	8.1	42	0.046	8.1	42	0.046	8.1	43	0.061	4.7	
2008	37	0.069	2.8	23	0.039	4.9	33	0.066	3.4	33	0.050	1.9	40	0.069	5.0	40	0.069	5.0	40	0.069	5.0	40	0.069	5.0	36	0.092	1.7	
2009	40	0.074	5.5	43	0.040	15.2	33	0.055	5.5	31	0.037	9.0	52	0.053	16.0	52	0.053	16.0	52	0.053	16.0	52	0.053	16.0	62	0.084	22.7	
2010	28	0.063	1.3	20	0.048	1.5	16	0.025	3.9	21	0.026	7.2	31	0.038	10.7													

Plantago

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha																		
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β				
1994	98	0.177	4.9	154	0.188	17.0																																		
1995	129	0.213	3.5	201	0.350	9.8	†																																	
1996	146	0.208	7.0	166	0.232	16.9	*	166	0.311	9.0		174	0.275	11.9		184	0.201	15.1																						
1997	175	0.357	5.0	201	0.353	12.6	***		192	0.361	10.1	*	183	0.449	4.1	†	200	0.353	18.1	***																				
1998	153	0.318	3.3	200	0.297	8.0			171	0.364	5.7		158	0.257	15.5	*	161	0.211	13.5																					
1999	144	0.303	4.2	155	0.202	12.2			176	0.266	10.0		154	0.247	6.7		154	0.237	7.7																					
2000	138	0.272	4.3	127	0.177	13.5			125	0.224	9.2	**	149	0.289	6.3	**	115	0.188	6.6																					
2001	169	0.301	2.3	155	0.226	4.8			126	0.208	4.4		161	0.180	8.4	***	122	0.259	2.1																					
2002	127	0.291	6.4	193	0.268	10.2			141	0.257	8.5	**	148	0.291	7.5	†	225	0.183	118.2	***																				
2003	129	0.225	5.0	151	0.197	15.0	*		128	0.303	6.3	**	156	0.263	10.0		194	0.139	95.2	***																				
2004	137	0.215	4.7	184	0.220	18.2	*		178	0.285	9.4	**	191	0.244	15.6		194	0.163	115.7	†																				
2005	119	0.245	3.8	150	0.159	11.2	*		159	0.255	5.8	*	142	0.184	22.0		151	0.104	39.9	***																				
2006	111	0.188	3.7	122	0.181	9.8	*		142	0.304	4.5	*	156	0.205	12.3		183	0.098	104.0	***																				
2007	108	0.180	4.3	140	0.165	13.8			136	0.218	9.1	**	162	0.241	12.6		176	0.072	307.0	***																				
2008	131	0.265	2.9	141	0.237	10.9	***		130	0.241	7.1	*	147	0.216	15.1	*	176	0.135	133.3	***																				
2009	141	0.195	6.6	136	0.165	14.9	*		151	0.235	7.6		187	0.258	15.4		202	0.218	35.7																					
2010	131	0.175	7.4	147	0.170	13.5			153	0.245	7.7		157	0.200	24.1		189	0.193	80.1																					
2011	147	0.272	4.7	164	0.291	9.5	***		164	0.339	6.5	**	158	0.331	5.4	**	179	0.108	95.3	***																				
2012	115	0.206	4.3	114	0.173	6.5	*		110	0.246	6.0	**	129	0.178	14.1		178	0.161	28.5	***																				
2013	153	0.210	8.0	140	0.244	7.9	***		163	0.300	10.6	***	188	0.409	12.1	***	195	0.123	96.1	***																				
2014	145	0.246	4.0	180	0.252	7.3	*		174	0.429	5.4	***	135	0.351	8.7	**	218	0.276	24.5																					
Coef. R.		0.68	0.35		0.81	0.01			0.70	0.38			0.40	0.00			0.06	0.26																						
Min.	98	0.175	2.3	114	0.159	4.8			110	0.208	4.4		129	0.178	4.1		115	0.072	2.1																					
Max.	175	0.357	8.0	201	0.353	18.2			192	0.429	10.6		191	0.449	24.1		225	0.353	307.0																					
Prom.	135	0.241	4.7	158	0.226	11.6			152	0.284	7.5		161	0.267	12.0		179	0.180	75.6																					
Med.	137	0.225	4.3	154	0.220	11.2			153	0.266	7.6		183	0.183	39.9		183	0.183	39.9																					
Desv.	19	0.052	1.5	26	0.059	3.7			22	0.058	1.9		17	0.075	5.4		28	0.070	78.0																					
Coef. R.		0.68	0.35		0.81	0.01			0.70	0.38			0.40	0.00			0.06	0.26																						

Platanus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha																			
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	162	0.074	795.0	100	0.065	131.0	***																																		
1995	205	0.101	636.0	133	0.098	107.0	***																																		
1996	143	0.069	823.0	76	0.061	140.0	*		52	0.042	136.8		62	0.059	115.0		70	0.058	36.9																						
1997	216	0.072	1019.0	87	0.068	186.0	***		87	0.053	204.2		63	0.048	108.3		71	0.061	59.7																						
1998	235	0.075	948.0	104	0.050	270.0	***		69	0.057	83.4	*	67	0.038	142.6		69	0.071	64.8																						
1999	226	0.061	1120.0	98	0.065	193.0	*		93	0.047	290.2		67	0.022	174.1	***	66	0.048	77.8																						
2000	222	0.057	1201.0	112	0.050	218.0	***		89	0.038	153.8	***	66	0.060	68.7		69	0.091	49.1																						
2001	207	0.065	676.0	92	0.056	113.0	*		70	0.040	240.1		58	0.024	104.9		63	0.038	75.8																						
2002	183	0.061	874.0	93	0.044	236.0	*		65	0.057	145.9	†	58	0.046	111.7		79	0.055	260.6	*																					
2003	185	0.058	497.0	92	0.055	157.0	*		85	0.049	195.7	†	58	0.031	239.2		94	0.054	115.1																						
2004	165	0.094	187.0	87	0.058	163.0	*		97	0.068	115.7	*	65	0.040	78.1		93	0.050	296.4	*																					
2005	180	0.062	244.0	105	0.048	175.0	*		125	0.069	220.3	***	60	0.024	253.2		77	0.036	515.3																						
2006	190	0.057	373.0	105	0.043	294.0	***		136	0.064	366.1	***	63	0.028	46.2		103	0.034	716.7																						
2007	159	0.101	226.0	98	0.082	182.0	***		128	0.060	359.0	***	68	0.028	127.7		100	0.050	639.6																						
2008	119	0.073	331.0	59	0.073	185.0	***		100	0.079	570.0	***	55	0.035	42.8		76	0.039	550.0																						
2009	195	0.059	690.0	88	0.057	230.0	*		110	0.083	241.8	**	63	0.026	349.3	***	96	0.033	761.9	***																					
2010	154	0.059	694.0	70	0.041	302.0	*		98	0.066	165.3	**	63	0.023	390.8	***	118	0.041	649.5	***																					
2011	182	0.061	645.0	72	0.052	346.0	*		100	0.049	613.7	**	58	0.022	429.8	**	86	0.029	1332.5	***																					
2012	149	0.037	1618.0	74	0.026	836.0																																			

Poaeteace

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	181	0.262	11.1	*	221	0.240	21.7	***																		
1995	263	0.250	11.0	***	275	0.290	17.5	***																		
1996	221	0.260	12.5	***	217	0.238	23.8	***																		
1997	218	0.358	9.2	***	252	0.280	18.1	***																		
1998	234	0.306	10.2	***	239	0.351	12.5	***																		
1999	247	0.235	13.2	***	199	0.276	14.8	***																		
2000	192	0.200	16.4	**	200	0.181	23.9	***																		
2001	231	0.213	17.0	***	240	0.229	16.4	***																		
2002	223	0.263	17.7	***	216	0.188	21.1	***																		
2003	204	0.235	13.6	**	217	0.256	13.9	***																		
2004	216	0.171	23.8	***	223	0.162	42.8	***																		
2005	194	0.145	14.3	***	197	0.188	13.1	***																		
2006	192	0.124	21.2	***	193	0.114	29.0	***																		
2007	174	0.182	13.7	**	203	0.171	23.1	***																		
2008	174	0.265	6.8	***	191	0.260	13.5	†																		
2009	196	0.165	25.7	***	191	0.164	26.9	***																		
2010	190	0.216	15.2	***	184	0.180	16.6	***																		
2011	197	0.196	13.4	***	210	0.256	11.5	*																		
2012	180	0.167	15.2	***	178	0.201	11.5	**																		
2013	201	0.180	25.3	***	184	0.259	12.1	***																		
2014	193	0.138	17.4	***	214	0.191	14.1	***																		
Coef R.		0.41	-0.06			0.54	0.07																			
Min.		42	0.097	2.0		54	0.112	1.6																		
Max		263	0.358	25.7		275	0.351	42.8																		
Prom.		203	0.216	15.4		211	0.220	18.9																		
Med.		197	0.213	14.3		210	0.226	16.6																		
Dev.		22	0.059	5.1		25	0.054	7.6																		
Coef R.			0.41	-0.06			0.54	0.07																		

Polygonaceae

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	42	0.097	2.0		54	0.112	1.6																			
1995	50	0.136	0.9		48	0.117	1.2																			
1996	51	0.096	1.7		59	0.119	1.9																			
1997	71	0.140	1.8		77	0.134	2.5																			
1998	76	0.131	2.6		64	0.091	3.5																			
1999	67	0.159	1.5		48	0.103	1.4																			
2000	66	0.097	3.7		57	0.118	1.6																			
2001	47	0.091	1.6		34	0.065	1.8																			
2002	46	0.075	3.3		35	0.062	2.1																			
2003	48	0.085	2.3		70	0.137	2.1																			
2004	53	0.076	4.2		80	0.147	3.0																			
2005	43	0.054	4.6		49	0.075	2.6																			
2006	50	0.067	3.3		55	0.084	2.7																			
2007	47	0.085	1.7		62	0.092	2.7																			
2008	44	0.089	1.6		37	0.074	1.7																			
2009	46	0.068	3.0		53	0.090	2.5																			
2010	49	0.083	2.3		44	0.093	1.6																			
2011	55	0.121	1.8		54	0.123	1.6																			
2012	46	0.091	2.1		39	0.074	1.9																			
2013	56	0.099	2.5		39	0.081	1.7																			
2014	46	0.091	1.8		36	0.080	1.4																			
Min.		42	0.054	0.9		34	0.062	1.2																		
Max		76	0.159	4.6		80	0.147	3.5																		
Prom.		52	0.097	2.4		52	0.099	2.0																		
Med.		49	0.091	2.1		53	0.092	1.9																		
Dev.		10	0.026	1.0		13	0.025	0.6																		
Coef R.			0.71	-0.01			0.83	0.39																		

Populus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	48	0.113	6.5	55	0.063	70.2																				
1995	75	0.061	14.4	96	0.100	65.5	**																			
1996	64	0.072	7.1	78	0.081	79.3	***																			
1997	63	0.093	7.0	73	0.053	176.0	*																			
1998	63	0.098	9.7	75	0.062	159.7	**																			
1999	56	0.076	12.1	67	0.051	257.0	*																			
2000	61	0.071	14.5	65	0.038	263.4																				
2001	67	0.103	5.4	77	0.036	233.4																				
2002	67	0.082	16.6	69	0.050	162.4																				
2003	53	0.091	6.2	72	0.046	193.8																				
2004	80	0.113	6.9	95	0.077	132.3	**																			
2005	54	0.074	11.3	68	0.043	286.4																				
2006	65	0.081	12.8	79	0.033	524.6	***																			
2007	63	0.100	7.5	85	0.107	80.8																				
2008	65	0.094	10.0	81	0.079	127.6	***																			
2009	70	0.094	12.3	83	0.051	228.7																				
2010	66	0.073	18.9	67	0.033	394.6																				
2011	65	0.079	16.0	84	0.066	113.8																				
2012	53	0.070	20.3	60	0.036	354.1																				
2013	72	0.101	11.9	73	0.043	287.3	**																			
2014	71	0.070	20.0	70	0.052	244.1	**																			
Coef.R.		0.06	0.11		0.63	-0.35																				

Quercus

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha				
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β		
1994	206	0.212	25.2	216	0.185	54.4	*																			
1995	231	0.188	41.6	221	0.239	57.0																				
1996	191	0.098	130.3	180	0.109	165.3	***																			
1997	187	0.131	140.2	188	0.165	161.7	***																			
1998	238	0.134	119.2	212	0.134	174.2	*																			
1999	258	0.131	98.5	225	0.144	137.7	***																			
2000	183	0.112	113.8	163	0.123	107.8	***																			
2001	184	0.094	113.3	184	0.100	164.4	***																			
2002	162	0.079	282.2	168	0.124	127.0	***																			
2003	183	0.112	104.5	126	0.118	125.8	***																			
2004	162	0.093	105.5	146	0.136	124.4	***																			
2005	180	0.114	77.4	142	0.112	117.3	***																			
2006	197	0.085	146.8	153	0.075	232.8	***																			
2007	179	0.107	108.0	162	0.077	310.7	***																			
2008	159	0.169	39.9	157	0.182	107.4	***																			
2009	184	0.106	224.9	154	0.114	307.1	*																			
2010	173	0.067	345.4	132	0.100	263.2	***																			
2011	164	0.096	292.3	137	0.116	304.8	***																			
2012	217	0.096	202.5	198	0.136	206.4	***																			
2013	170	0.094	192.4	141	0.125	172.1	***																			
2014	201	0.126	207.6	205	0.138	234.1	***																			
Coef.R.		0.42	-0.22		0.55	-0.30																				

Quercus caducifolia

Año	Barcelona			Bellaterra			Gronaa			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha					
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β			
1994	93	0.125	10.6	89	0.069	67.5																					
1995	115	0.143	12.3	107	0.081	60.3																					
1996	84	0.074	14.1	86	0.088	23.9																					
1997	85	0.105	36.7	86	0.076	118.7	**			124	0.112	205.5	†														
1998	87	0.081	15.3	88	0.063	65.5				173	0.155	78.3	***														
1999	83	0.073	26.7	92	0.060	97.0				178	0.143	100.2															
2000	85	0.108	8.8	80	0.054	60.1				141	0.134	166.2	***														
2001	90	0.050	70.4	100	0.042	180.8	***			127	0.180	46.9															
2002	102	0.060	101.7	*	92	0.129	37.5			85	0.084	166.8	***														
2003	103	0.110	20.0	80	0.086	57.9				118	0.141	116.9	***														
2004	95	0.075	35.3	80	0.120	42.6				144	0.093	225.7	***														
2005	116	0.057	49.8	81	0.041	155.2	†			145	0.103	102.3															
2006	123	0.079	49.3	100	0.078	84.5				166	0.129	151.7	*														
2007	108	0.121	17.8	104	0.082	45.7				135	0.092	69.4															
2008	104	0.118	15.9	86	0.059	112.8				126	0.121	169.2	***														
2009	114	0.088	48.5	98	0.113	90.4	***			119	0.106	185.8	***														
2010	96	0.089	46.9	82	0.076	93.3	***			121	0.067	357.1	***														
2011	97	0.080	60.2	87	0.064	230.0	***			106	0.094	198.0	***														
2012	115	0.072	54.8	112	0.073	166.5				109	0.084	164.3															
2013	95	0.128	19.6	92	0.083	70.3	*			110	0.120	107.4	***														
2014	97	0.096	65.0	**	101	0.108	91.7	***		120	0.093	271.9	***														
Coef. R.		0.05	0.23		0.28	0.06				0.48	0.29																
Min.	83	0.052	8.8	80	0.041	23.9				85	0.067	46.9															
Max.	123	0.143	101.7	112	0.129	230.0				178	0.180	357.1															
Prom.	99	0.092	37.1	92	0.078	93.0				130	0.114	157.5															
Med.	97	0.088	35.3	92	0.076	84.5				124	0.112	164.3															
Desv.	12	0.026	24.6	9	0.024	52.4				24	0.028	75.1															
Coef. R.		0.05	0.23		0.28	0.06				0.48	0.29																

Quercus perennifolia

Año	Barcelona			Bellaterra			Gronaa			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha							
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β					
1994	195	0.174	23.1	206	0.174	31.1																							
1995	215	0.149	40.6	209	0.193	45.2																							
1996	172	0.086	136.2	***	171	0.093	171.0	***																					
1997	182	0.106	137.5	***	185	0.114	154.7	***																					
1998	225	0.132	111.6	***	204	0.105	182.4	***																					
1999	249	0.121	90.6	***	211	0.100	140.2	***																					
2000	174	0.101	116.8	***	155	0.090	111.7	***																					
2001	181	0.115	60.7	174	0.114	76.8	*			179	0.102	174.0	*																
2002	129	0.079	206.0	***	149	0.091	118.7	**																					
2003	173	0.100	94.9	***	112	0.080	123.1	***																					
2004	142	0.092	78.2	†	122	0.098	119.9	***																					
2005	164	0.133	45.0	***	126	0.096	70.6	***																					
2006	175	0.082	105.8	***	137	0.046	234.1	***																					
2007	137	0.089	105.2	***	128	0.059	340.5	***																					
2008	136	0.118	41.0	148	0.127	101.8	†			152	0.142	115.0	†																
2009	169	0.098	201.1	*	137	0.086	288.2	*																					
2010	144	0.061	313.7	***	101	0.071	268.9	***																					
2011	146	0.079	184.1	***	119	0.082	252.0	***																					
2012	190	0.087	277.8	***	168	0.085	282.6	***																					
2013	158	0.085	182.3	***	127	0.088	178.1	***																					
2014	179	0.105	190.8	***	184	0.099	226.7	***																					
Min.	129	0.061	23.1	101	0.046	31.1				120	0.056	115.0																	
Max.	249	0.174	313.7	211	0.193	340.5				235	0.142	688.0																	
Prom.	174	0.104	110.6	156	0.100	167.5				183	0.094	374.2																	
Med.	173	0.100	111.6	149	0.093	154.7				185	0.089	365.0																	
Desv.	30	0.027	78.2	34	0.033	86.5				30	0.023	162.8																	
Coef. R.		0.58	-0.28		0.66	-0.39				0.16	-0.29																		

Urticaceae

Año	Barcelona			Bellaterra			Girona			Lleida			Manresa			Roquetes-Tortosa			Tarragona			Vielha			
	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	DNN	α	β	
1994	298	0.596	22.3	320	0.632	14.5	*																		
1995	344	0.601	16.5	310	0.700	10.6	†																		
1996	341	0.599	23.8	304	0.550	15.1	*	288	0.678	32.8	*	240	0.668	6.8		302	0.746	25.3	†			321	0.772	28.6	***
1997	322	0.520	36.6	309	0.595	22.4	***	317	0.835	25.9	***	224	0.460	7.1	*	327	0.603	49.5	*			346	0.659	27.2	***
1998	337	0.548	20.3	319	0.602	11.8	*	288	0.581	27.9	*	244	0.469	7.5	***	318	0.469	28.2	***			347	0.545	27.5	***
1999	310	0.440	18.1	259	0.491	12.1	***	308	0.536	29.3	*	216	0.414	5.1	***	275	0.619	10.4	***			335	0.481	20.9	***
2000	315	0.572	12.7	265	0.409	11.8	†	261	0.480	19.4	***	223	0.508	3.9	†	285	0.571	7.9	*			280	0.402	13.2	**
2001	303	0.382	14.1	273	0.404	9.1	***	262	0.396	15.7	**	202	0.467	3.4		285	0.521	11.1	†			286	0.466	10.8	***
2002	316	0.460	19.0	276	0.429	10.6	*	259	0.528	14.0	*	213	0.572	3.3		312	0.744	14.9	***			292	0.474	13.3	***
2003	298	0.450	14.8	259	0.354	14.3	***	224	0.425	20.3	*	227	0.490	6.3		316	0.481	23.0	***			312	0.475	10.9	***
2004	297	0.474	12.7	258	0.417	14.1	*	276	0.344	34.9	***	239	0.338	10.7	*	295	0.419	27.2	*			318	0.431	26.5	***
2005	296	0.487	9.8	242	0.405	9.3	***	245	0.422	11.5	*	188	0.261	15.6	†	257	0.433	14.2	***			281	0.437	17.3	***
2006	287	0.496	5.8	230	0.354	8.5	***	247	0.628	5.4	*	219	0.477	4.2	*	262	0.341	12.7	***			310	0.640	12.1	*
2007	264	0.532	6.2	233	0.338	10.9	***	262	0.360	7.3	**	202	0.343	6.7	*	264	0.393	10.2	***			298	0.290	28.0	***
2008	290	0.472	8.5	286	0.415	13.8	***	253	0.463	12.3	*	221	0.284	13.3	***	244	0.314	12.3	***			322	0.422	24.4	***
2009	302	0.483	16.4	278	0.415	15.3	***	279	0.503	13.0	*	266	0.412	13.6	***	286	0.454	16.2	†			333	0.418	34.8	***
2010	272	0.385	16.2	245	0.381	11.1	*	260	0.473	8.8	*	229	0.461	6.0	†	262	0.466	9.4	*			327	0.489	21.6	***
2011	302	0.495	15.6	273	0.490	13.8	*	270	0.542	10.6	*	222	0.390	6.6	*	277	0.446	14.1	***			333	0.464	25.1	***
2012	279	0.374	13.9	264	0.470	8.3	*	204	0.380	11.8	*	214	0.373	6.6	*	283	0.483	11.1	***			314	0.409	24.3	***
2013	298	0.350	22.5	244	0.378	13.3	*	280	0.402	20.0	***	234	0.362	13.8	†	282	0.456	19.9	***			264	0.409	27.1	***
2014	315	0.498	11.2	288	0.465	12.2	*	287	0.733	9.0	**	198	0.520	9.4	*	307	0.380	9.0	*			310	0.494	24.9	***
Min.	264	0.350	5.8	230	0.338	8.3		204	0.344	5.4		188	0.261	3.3		244	0.314	7.9				231	0.363	7.3	
Max.	344	0.601	36.6	320	0.700	22.4		317	0.835	34.9		266	0.668	15.6		327	0.780	49.5				347	0.772	36.7	
Prom.	304	0.486	16.0	273	0.462	12.5		267	0.522	17.4		222	0.439	7.9		286	0.513	17.2				307	0.529	17.9	
Med.	302	0.487	15.6	273	0.417	12.1		262	0.503	14.0		222	0.460	6.7		285	0.469	14.1				310	0.505	16.1	
Desv.	21	0.074	6.9	28	0.100	3.1		27	0.128	9.0		18	0.102	3.8		23	0.133	10.1				27	0.116	7.9	
Coef. R.	0.54	0.52		0.87	0.47			0.59	0.51			0.24	0.16			0.62	0.65					0.49	-0.03	0.50	0.22