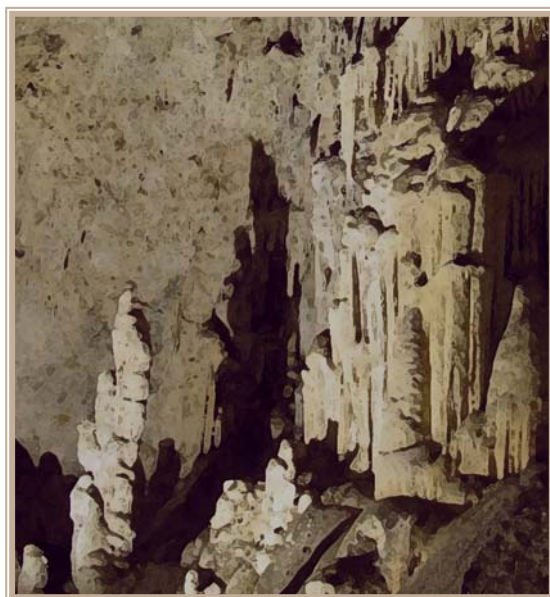




UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA VEGETAL

Estudio aerobiológico de la atmósfera de la
costa oriental de Málaga (sur de España) e
incidencia de las esporas fúngicas en el
interior de la Cueva de Nerja



Silvia Docampo Fernández

TESIS DOCTORAL

Málaga, 2008



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA VEGETAL

Estudio aerobiológico de la atmósfera de la
costa oriental de Málaga (sur de España) e
incidencia de las esporas fúngicas en el
interior de la Cueva de Nerja

Silvia Docampo Fernández

TESIS DOCTORAL

Málaga, 2008



**UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA**

Facultad de Ciencias
Departamento de Biología Vegetal

TESIS DOCTORAL

**Estudio aerobiológico de la atmósfera de la costa oriental de
Málaga (sur de España) e incidencia de las esporas fúngicas en el
interior de la Cueva de Nerja**

**Memoria presentada por
Silvia Docampo Fernández para optar al grado de
DOCTOR EUROPEO EN BIOLOGÍA**



Málaga, 2008



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

**“Estudio aerobiológico de la atmósfera de la costa oriental de
Málaga (sur de España) e incidencia de las esporas fúngicas en el
interior de la Cueva de Nerja”**

Memoria presentada por la Lda. Silvia Docampo Fernández para optar al grado de
Doctor en Biología.

Fdo. Silvia Docampo Fernández

Los Directores

Prof. Dr. Baltasar Cabezudo Artero
Departamento de Biología Vegetal
Universidad de Málaga

Prof. Dra. M. Mar Trigo Pérez
Departamento de Biología Vegetal
Universidad de Málaga



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Facultad de Ciencias
Departamento de Biología Vegetal

D. BALTASAR CABEZUDO ARTERO y DOÑA MARÍA DEL MAR TRIGO PÉREZ, Catedrático y Profesora Titular, respectivamente, del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Málaga, y directores de la Memoria presentada por Doña Silvia Docampo Fernández para la obtención del grado de Doctor, titulada “Estudio aerobiológico de la atmósfera de la costa oriental de Málaga (sur de España) e incidencia de las esporas fúngicas en el interior de la Cueva de Nerja”,

INFORMAN:

Que el citado trabajo de investigación ha sido realizado bajo nuestra supervisión en el Departamento de Biología Vegetal (Área de Botánica) de la Universidad de Málaga, que se considera finalizado y puede ser presentado para su exposición y defensa como Tesis Doctoral, habiéndose alcanzado los objetivos propuestos.

Y para que así conste, a efectos administrativos para la obtención del grado de Doctor, firmamos el presente informe en Málaga, a 30 de noviembre de 2007

Fdo. Dr. Baltasar Cabezudo Artero

Fdo. Dra. M. Mar Trigo Pérez



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Facultad de Ciencias
Departamento de Biología Vegetal

BALTASAR CABEZUDO ARTERO, Director del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Málaga,

INFORMA:

Que el trabajo de de investigación titulado “Estudio aerobiológico de la atmósfera de la costa oriental de Málaga (sur de España) e incidencia de las esporas fúngicas en el interior de la Cueva de Nerja”, llevado a cabo por la Licenciada Dña. Silvia Docampo Fernández, ha sido realizado en este Departamento.

Y para que así conste, firmo el presente informe en Málaga, a 30 de noviembre de 2007

Fdo. Baltasar Cabezudo Artero

La presente Tesis Doctoral ha sido realizada gracias a una beca de Formación de Personal Investigador de la Junta de Andalucía en la Red Andaluza de Aerobiología (Orden de la Consejería de Educación y Ciencia de 9 de mayo de 2002).

Este trabajo ha sido desarrollado en el seno del grupo de Investigación RNM 115 de la Junta de Andalucía y parcialmente financiado por la Fundación Cueva de Nerja.

Parte de los resultados incluidos en esta memoria han sido presentados en el XIV Simposio de Palinología de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española (APLE), en Salamanca (septiembre de 2002) y en el XI International Palynological congress (Granada, julio de 2004).

Además se han publicado los siguientes artículos:

RECIO, M., S. DOCAMPO, M. M. TRIGO & B. CABEZUDO (2002). Aerobiología en Andalucía: Estación de Nerja (2000-2001). *Rea* 7: 89-94.

DOCAMPO, S.; M.M. TRIGO, M. RECIO & B. CABEZUDO (2003). Presencia de esporas fúngicas en la atmósfera de la Cueva de Nerja (Málaga): Estudio preliminar. *Polen* 13: 279-288.

DOCAMPO, S., M. RECIO, M.M. TRIGO, M. MELGAR & B. CABEZUDO (2007). Risk of pollen allergy in Nerja (Southern Spain): a pollen calendar. *Aerobiologia* 23: 189-199.

DOCAMPO, S., M. M. TRIGO, M. RECIO, M. MELGAR & B. CABEZUDO (2004). Aerobiología en Andalucía: Estación de Nerja (2002-2003). *Rea* 8 (en prensa).

Málaga, Noviembre de 2007

*A mis padres,
a Javi*

Agradecimientos

Al fin llegó el momento. Muchas son las veces en las que me he imaginado delante de este folio en blanco a lo largo de este periplo que empezó hace años. A menudo me sorprendía pensando en la mejor forma de plasmar mis agradecimientos a todos aquellos que de una forma u otra han hecho posible que hoy me encuentre donde estoy ahora. Decenas de listados en mi cabeza con los nombres de las personas que no podía olvidar y mil y una historias que me han marcado en esta etapa. Pero llegó la hora de la verdad; un bolígrafo, un papel, yo misma y mis pensamientos. Ahora que estoy aquí, cientos de sentimientos afloran. Además de la esperada alegría, que los que han pasado por ello conocen bien, otras inesperadas sensaciones surgen dentro de mí. El nerviosismo comprensible por el desasosiego que produce el final de una etapa y comienzo de otra, satisfacción por un trabajo terminado (o casi), ciertas dosis de cansancio por el largo camino recorrido, etc. Sin embargo, si me hubiesen preguntado nunca hubiese dicho que pudiera sentir cierta "morriña". Posiblemente, no sea la palabra más acertada lingüísticamente pero como medio gallega que soy, y tras mucho buscar, es la que mejor se ajusta a mi estado de ánimo. No por la añoranza del lugar que sigo y espero seguir frecuentando diariamente, ni por esas largas horas sentada delante del microscopio, ni aporreando las teclas de un ordenador, sino por los momentos irrepetibles que acompañaron esos días. Todos los ánimos, bromas, consejos de mis compañeros que hacían que cada día fuese diferente a los demás y estuviese lleno de pequeñas grandes cosas que guardaré siempre.

Muchas son las anécdotas y ratos de risas que se agolpan en mi cabeza pero, antes de comenzar, dadme tiempo para reordenarlas y elegir algunas porque esta tesis ya es bastante extensa para seguir incrementando su grosor.

En fin, no pensaba que fuese tan difícil, pero como creo que ya es tiempo de finalizar este capítulo empezaré sin más preámbulos.

En primer lugar agradecer a mis directores María del Mar y Baltasar la oportunidad de realizar este trabajo y todo el apoyo brindado durante todo este tiempo, resolviendo mil dudas y dispuestos a ayudarme siempre. Gracias por sus consejos y dedicación para que este proyecto pudiese ser finalmente concluido.

A todos los profesores del área de Botánica del Departamento de Biología Vegetal, Alfredo, Antonio, Andrés, Blanca, José María, María, Jere y a nuestro querido Paco (aunque ya no esté entre nosotros) por su disponibilidad ante cualquier consulta y por esos ratitos de charla tan necesarios algunas veces, y especialmente a Marta, mi "profe" favorita, compañera y amiga de laboratorio. Qué voy a decir de la persona con la que he compartido tantas horas bajo el mismo tubo fluorescente, siempre dispuesta a echarme una mano y comodín al que acudir para ánimos, problemas, dudas, muchas dudas (soy una pesada, lo reconozco) y risas, por supuesto. Gracias por estar siempre ahí, concretamente detrás, a escasos centímetros, ¿verdad?.

A Antonio Garrido, Marili Simón y a todo el personal de la Cueva de Nerja por prestarme su colaboración durante todo este tiempo.

Gracias a todos los aerobiólogos, especialmente a los miembros de la RFA por encontrar siempre palabras de ánimo y manos amigas dispuestas a ayudarme en todo momento.

A los Profesores M^º Jesús Aiza y Michael Muilenberg, así como a las Doctoras Julia Morales e Inmaculada Bustos por compartir conmigo sus conocimientos sobre las esporas de hongos.

Muchas gracias al Profesor Giuseppe Frenquelli por darme la oportunidad de trabajar a su lado y por todo lo aprendido; nunca olvidaré la afectuosa acogida en Perugia, tanto en el laboratorio como en su casa, y que junto a Daniela, Flena, Lucia y Paolo me hicisteis sentir como uno más de vuestra familia. Gracias por esas maravillosas cenas y amenas conversaciones aunque no tenga arreglo por ser del club de los de solamente agua y además sin gas. A Daniela por su bondad y cariño y a Flena por hacerme sentir uno más de su grupo de amigos. Voi sarete nel mio cuore per sempre.

A Francesca Greco que tanto cariño me ofreció en mis horas bajas y a Emma por su ayuda con el "laboro". Grazie mille.

Y cómo no, a mi "galeguiño", también medio perugino, Javier por sus ánimos, consejos para mi viaje a tierras italianas y acordarse de mí desde "a miña verde terra galega" que tanto me gusta.

Ahora llegó la hora de ese comedor que ha ido creciendo poco a poco y ha sido lugar de desahogo, risas, muchas risas y...del té con chocolate negro. Empezaré por David, el veterano, perteneciente al club de los fundadores del comedor. Gracias por todos los consejos, conversaciones, ayudas informáticas (estos malditos "ordenaderos", especialmente los de la manzanita), recetas de cocina, instalaciones eléctricas, mecánica, en fin, lo que no sepa "Fl Fstiven", pero sobre todo por escucharme, darme ánimos, las ofertas del Fidl, los botes de la primitiva... en fin, por tantos buenos ratos que me han hecho sobrellevar todo esto en mis momentos malos. Gracias de corazón. Creo que por todo esto te mereces que te desvele el secreto mejor guardado y más buscado por el club de la merienda (con café para beber o bañarse incluido). Allí va, el día que deberás sacar los topolinos del armario será el... uy, no lo recuerdo, debe ser el estrés.

A Antonio que es el encargado de recordarnos que ya es hora de comer, amenizando la comida con sus chistes y anécdotas (a pesar de ser Mac-intólogo), y a Chico (también conocido por Javier, Francisco, Paco, etc. -lo siento, te quedaste con el primer nombre-), aunque nos encontramos en mis últimas fases de depresión pre-doctoral, muchas gracias por los consejos prácticos y estadísticos.

A Sonia, "la domadora de leones", que nos visita de vez en cuando y hace que me "corroa la envidia" cuando habla de sus "perrinos". Virginia, "esa niña" que se ha unido a nosotros en el almuerzo este último año, que aguanta mis rollos sobre esporas, pólenes y demás muchas mañanas de camino a la facultad y nos entretiene con sus historias de cuento (como se entere Jati). Gracias por tus ánimos y por estar siempre dispuesta a ayudarme.

Y cómo no, a mi otra Marta (la chica). Mi compañera de lágrimas y esporas. Pero, sobre todo, mi amiga y confidente. Muchas son las conversaciones entre barrido y barrido. A lo largo de tantas horas compartidas hemos tenido tiempo de bromas, de consejos, de aliviar nuestras penas y hasta de criar a nuestra mascota (ya va siendo hora de que saque los pies del tiesto). Gracias por saber que siempre puedo contar contigo.

Junto con las "Martas", Jose, el único chico en el laboratorio de polen (solo ante el peligro) y el otro mañoso informático, siempre liado con su "FFQSA" (Rocio, no tienes que preocuparte que lo mantenemos vigilado y parece una relación estrictamente profesional). Gracias por tu ayuda en todo momento y, ante todo, por tu amistad.

Gracias a Flena por su ayuda, especialmente en esta última fase burocrática, así como su apoyo y ánimo que siempre ha estado dispuesta a brindarme. A Jesús, Raúl, Oscar, Olga, Juanlu y Pedro por las charlas tan amenas, a veces a horas un poco intempestivas. Gracias por conseguir sacarme una sonrisa

después del largo día de trabajo y hacer que afronte la caravana de regreso a casa de mejor humor. A Gonzalo y Federico, "los niños de cartografía", por su apoyo logístico y ayuda siempre que la he necesitado. A Lola y Fva por su ayuda con el dichoso papeleo y por sus animadas charlas.

A mis amigos Ana, Lidia, Fernando, Patri, Gloria, M. Luz, María, Belén, Antonio, Pablo y Rafa. Hemos vivido muy buenos ratos desde que casi todos empezamos allá por 1995. Mis biólogos favoritos (y los pocos que no, lo sois de adopción, aunque sólo sea por esas largas charlas en las teterías). Bocadillos, prácticas, clases...como olvidar tantos momentos, especialmente esa práctica de campo en Almería, ¿verdad, María?. Habéis hecho de esos años unos de los mejores de mi vida y me habéis dado fuerzas y valiosos consejos para seguir en este proyecto que está a punto de finalizar. Aunque nuestras vidas tomen caminos separados y cada vez sea más difícil coincidir, sé que puedo contar con todos y cada uno de vosotros, al igual que espero que sepáis que siempre estaré ahí. Gracias por todo de corazón. A todos.

También a mis niñas de letras Lidia y Mariago. Habéis soportado mis aventuras y desventuras, encontrando siempre en vosotras un buen consejo y una buena palabra de aliento para seguir adelante. Me habéis enseñado el valor de la fuerza de voluntad y de la constancia. Gracias.

A mis chicas del Palo, M^a Jesús y Carolina, por los desayunos de los sábados en la terracita de algún bar donde os contaba todos mis problemas semanales y me ofrecíais apoyo y ánimo para comenzar de nuevo el lunes.

A Migue y María por las clases complementarias de inglés camino del coche o frente a un sandwich vegetal y un zumo de tomate, por el soporte informático prestado y sobre todo por vuestra amistad.

Y por supuesto, a mi familia. A mis padres Isabel y Manolo. Por darle siempre todo a sus hijos. Gracias a vosotros estoy hoy aquí. Papá, mamá, me habéis brindado todo el apoyo y amor que un hijo puede esperar. Animo en mi desaliento, cariño incondicional y todo vuestro esfuerzo y dedicación para que mi vida fuese mejor. Me habéis enseñado el valor del respeto, de la sencillez, de la humanidad y otras tantas cosas que me han formado como persona. Me habéis inculcado el gusto y sensibilidad por el mundo que nos rodea, haciendo finalmente de la biología mi profesión. Por ello, sólo puedo devolveros una minúscula parte de tanto como me habéis dado haciendo que os sintáis orgullosos de mi con esta etapa que culmina. Gracias por todo. Os quiero.

Gracias también a mis tíos y primos por creer en mí, animarme siempre y tener la certeza de que lograría acabar este proyecto.

A Rafael y Angelines. Gracias por darme todo vuestro ánimo y cariño en esta etapa de mi vida, a veces un tanto cuesta arriba, pero sabiendo que siempre podía y podré contar con vosotros. A Diana y Rafa, mis "cuñaos" favoritos. Gracias por vuestra calidez (siempre me habéis recibido con las puertas abiertas) y por tan buenos momentos vividos en los que nunca faltaban el buen humor, tan necesario algunas veces, las palabras de aliento y, ¿por qué no decirlo?, las comilonas. Con vosotros me siento en familia, habiendo tenido la suerte de encontrar a unos verdaderos amigos para toda la vida. A Joñi y Fali por acogerme desde el principio como a uno más en su casa los domingos y ofrecirme toda su ayuda y cariño. Gracias a todos; a mi otra familia. Ya tenéis un pedacito de mi corazón.

Bueno, y finalmente mi "niño". Junto a ti he vivido momentos maravillosos. Te he encontrado en el momento justo y desde entonces mi vida ha dado un vuelco. Hemos emprendido un camino en la misma dirección y te has convertido en los cimientos que me sustentan. En este episodio de mi vida, a veces un tanto difícil (tú mejor que nadie lo sabe), me has ofrecido apoyo y comprensión incondicional. Has sido mi paño de lágrimas y aguantado mis malos ratos. Me has sacado una sonrisa en los días grises y siempre he tenido unos brazos en los que refugiarme. Te has convertido en algo indispensable para mí: en mi otra mitad; sin ti no estoy completa y sin ti no hubiese podido terminar esta tesis. Gracias por todo Javi. Gracias siempre. Te quiero.

A pesar de que en un principio dudase de mi capacidad para poder expresar con palabras toda mi gratitud, finalmente esta hoja ya está repleta de letras. Letras que no sé si se combinan formando una bonita composición, pero de lo que estoy segura es que son letras con mucho sentido y sentimiento para mí. Seguro que se queda gente en el tintero porque es mucho el tiempo que me ata a esta tesis y al mundo del polen y de las esporas, pero a todos ellos decir, que aunque sus nombres no aparezcan en estos folios, ese tintero lo guardo en mi corazón, de modo que siempre estarán conmigo junto a las inolvidables experiencias vividas y que, para bien o mal (espero que para lo primero), han aportado un granito de arena para que hoy sea tal y como soy y que este proyecto siguiese adelante y finalmente vea la luz... esa luz al final del túnel...¿verdad Marta?.

Gracias a todos.

ÍNDICE



1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. AEROBIOLOGÍA COMO CIENCIA.....	3
1.1.1. Procesos aerobiológicos.....	4
1.1.2. Métodos de muestreo.....	6
1.1.3. Aplicaciones	7
1.1.4. Aerobiología en Málaga	8
1.2. POLEN Y ESPORAS.....	10
1.2.1. Morfología polínica	10
1.2.2. Morfología esporal	16
1.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	20
1.3.1. Situación	20
1.3.2. Geología.....	20
1.3.3. Caracterización edafológica.....	23
1.3.4. Red hidrográfica	25
1.3.5. Climatología de la zona	25
1.3.6. Fitogeografía y vegetación	26
1.3.7. La Cueva de Nerja	28
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	31
2.1. Justificación.....	33
2.2. Objetivos	33
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	35
3.1. MUESTREO AEROBIOLÓGICO.....	37
3.1.1. Situación y características del entorno de los puntos de muestreo.....	37
3.1.2. Tipo de captador	38
3.1.3. Sustancia adhesiva	40
3.2. PREPARACIÓN Y MONTAJE DE LAS MUESTRAS.....	42
3.2.1. Medio de montaje	42
3.3. LECTURA DE LAS PREPARACIONES	44
3.4. TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE POLEN Y ESPORAS... ..	47
3.4.1. Factor de corrección	47
3.4.2. Período principal de polinación	49
3.4.3. Variación estacional	50
3.4.4. Variación intradiaria	51
3.4.5. Análisis estadístico	52
3.4.6. Calendario polínico.....	54
3.4.7. Estudio comparativo	55
3.5. TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS DATOS CLIMÁTICOS	57
3.6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS EMPLEADOS	58
3.7. PRESENTACIÓN DE LA DISCUSIÓN	58

4. RESULTADOS	59
4.1. DATOS CLIMÁTICOS	61
4.1.1. Temperatura y precipitaciones	61
4.1.2. Vientos.....	66
4.2. DATOS POLÍNICOS.....	69
4.2.1. Polen total.....	69
4.2.2. Tipos polínicos más relevantes.....	76
4.2.2.1. Tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae	81
4.2.2.2. Tipo Cupressaceae.....	92
4.2.2.3. Tipo <i>Mercurialis</i>	103
4.2.2.4. Tipo <i>Olea</i>	113
4.2.2.5. Tipo <i>Pinus</i>	125
4.2.2.6. Tipo <i>Plantago</i>	137
4.2.2.7. Tipo Poaceae	147
4.2.2.8. Tipo <i>Quercus</i>	158
4.2.2.9. Tipo <i>Rumex</i>	168
4.2.2.10. Tipo Urticaceae	178
4.2.3. Otros tipos polínicos.....	191
4.2.3.1. Tipo <i>Alnus</i>	191
4.2.3.2. Tipo Apiaceae	194
4.2.3.3. Tipo <i>Artemisia</i>	197
4.2.3.4. Tipo <i>Betula</i>	200
4.2.3.5. Tipo <i>Cannabis</i>	203
4.2.3.6. Tipo <i>Castanea</i>	206
4.2.3.7. Tipo <i>Casuarina</i>	209
4.2.3.8. Tipo Compositae (excluido <i>Artemisia</i>)	212
4.2.3.9. Tipo Cruciferae	215
4.2.3.10. Tipo Cyperaceae.....	218
4.2.3.11. Tipo <i>Echium</i>	221
4.2.3.12. Tipo <i>Erica</i>	224
4.2.3.13. Tipo <i>Fraxinus</i>	227
4.2.3.14. Tipo <i>Juglans</i>	230
4.2.3.15. Tipo <i>Ligustrum</i>	233
4.2.3.16. Tipo <i>Morus</i>	236
4.2.3.17. Tipo Myrtaceae	239
4.2.3.18. Tipo Palmae.....	242
4.2.3.19. Tipo <i>Parkinsonia</i>	245
4.2.3.20. Tipo <i>Pistacia</i>	248
4.2.3.21. Tipo <i>Platanus</i>	251

4.2.3.22. Tipo <i>Populus</i>	254
4.2.3.23. Tipo <i>Ricinus</i>	257
4.2.3.24. Tipo <i>Salix</i>	260
4.2.3.25. Tipo <i>Typha</i>	263
4.2.3.26. Tipo <i>Ulmus</i>	266
4.2.4. Calendario polínico	269
4.3. DATOS ESPORALES DE LA SALA DEL BELÉN.....	271
4.3.1. Clasificación de los tipos esporales.....	271
4.3.2. Esporas totales.....	276
4.3.3. Tipos esporales más relevantes	280
4.3.3.1. Tipo <i>Agaricus</i>	284
4.3.3.2. Tipo Aspergiláceas.....	289
4.3.3.3. Tipo <i>Boletus</i>	296
4.3.3.4. Tipo <i>Cladosporium</i>	301
4.3.3.5. Tipo <i>Didymella</i>	307
4.3.3.6. Tipo <i>Ustilago</i>	312
4.3.4. Otros tipos esporales	318
4.3.4.1. Tipo <i>Agrocybe</i>	319
4.3.4.2. Tipo <i>Alternaria</i>	321
4.3.4.3. Tipo <i>Arthrimum</i>	323
4.3.4.4. Tipo <i>Botrytis</i>	325
4.3.4.5. Tipo <i>Cercospora</i>	327
4.3.4.6. Tipo <i>Chaetomium</i>	329
4.3.4.7. Tipo <i>Coprinus</i>	331
4.3.4.8. Tipo <i>Cortinarius</i>	333
4.3.4.9. Tipo Diatrypaceae	335
4.3.4.10. Tipo <i>Drechslera</i>	337
4.3.4.11. Tipo <i>Ganoderma</i>	339
4.3.4.12. Tipo <i>Helicomycetes</i>	341
4.3.4.13. Tipo <i>Leptosphaeria</i>	343
4.3.4.14. Tipo Myxomycete (excluido <i>Trichia</i>)	345
4.3.4.15. Tipo <i>Oidium</i>	347
4.3.4.16. Tipo <i>Periconia</i>	349
4.3.4.17. Tipo <i>Phaeosphaeria annulata</i>	351
4.3.4.18. Tipo <i>Pleospora</i>	353
4.3.4.19. Tipo <i>Russula</i>	355
4.3.4.20. Tipo <i>Septoria</i>	357
4.3.4.21. Tipo <i>Sordaria</i>	359
4.3.4.22. Tipo <i>Stachybotrys</i>	361

4.3.4.23. Tipo <i>Toментella</i>	363
4.3.4.24. Tipo <i>Torula</i>	365
4.3.4.25. Tipo <i>Venturia</i>	367
4.3.5. Resto de los tipos esporales identificados	369
4.4. DATOS ESPORALES DE LA SALA DEL CATACLISMO	373
4.4.1. Tipos esporales detectados	373
4.4.2. Frecuencia y abundancia de los tipos identificados	373
4.4.3. Tipos esporales más relevantes	376
4.5. COMPARACIONES ENTRE CAPTADORES	377
4.5.1. Comparación entre los resultados de la Sala del Belén y Sala del Cataclismo	377
4.5.2. Comparación entre los resultados de la Sala del Belén y el exterior de la cueva	379
4.5.3. Gradiente de concentración de esporas	382
4.6. POLEN EN LA CUEVA DE NERJA	384
5. DISCUSIÓN	387
5.1. CLIMATOLOGÍA DE NERJA DURANTE EL PERÍODO DE ESTUDIO	389
5.2. DATOS POLÍNICOS	393
5.2.1. Comportamiento estacional	393
5.2.2. Variación intradiaria	400
5.2.3. Análisis estadístico	402
5.2.3.1. Diferencias interanuales	402
5.2.3.2. Análisis de correlación	403
5.2.3.3. Análisis de regresión	405
5.2.4. Tipos más relevantes desde el punto de vista alérgico	407
5.3. DATOS ESPORALES	409
5.3.1. Comportamiento estacional	409
5.3.2. Variación intradiaria	413
5.3.3. Análisis de correlación con la humedad relativa del interior de la cueva	415
5.3.4. Estudios comparativos	416
5.3.5. Esporas fúngicas como alérgenos potenciales	421
5.3.6. Valoración de la metodología empleada	422
6. CONCLUSIONES	423
7. BIBLIOGRAFÍA	429
8. ANEXOS	459
8.1. ABSTRACT	461
8.2. CONCLUSIONS	475

1. INTRODUCCIÓN



1.1. AEROBIOLOGIA COMO CIENCIA

El término Aerobiología fue introducido por Fred C. Meier, fitopatólogo estadounidense, en los años 30 del pasado siglo XX para incluir bajo esta denominación los estudios que se estaban realizando sobre esporas de hongos, granos de polen y bacterias contenidos en la atmósfera. Concretamente Meier estaba interesado en la dispersión de las esporas de hongos a través de la atmósfera y en cómo se transmitían estas enfermedades. Sin embargo, estos no fueron los primeros estudios aerobiológicos realizados ya que científicos como Charles Darwin (1809-1882), Louis Pasteur (1822-1895) o Pierre Miquel (1850-1922), considerado este último como el padre de la Aerobiología, ya analizaron muestras del aire y establecieron diferencias estacionales.

Más recientemente, Pathirane (1975), consideró la Aerobiología como una ciencia multidisciplinaria que comprende la liberación, retención, dispersión, deposición e incidencia atmosférica de esporas, pólenes y otros microorganismos aerovagantes. Desde entonces, se han ido incluyendo en esta ciencia el estudio de otras partículas biológicas aéreas como: virus, algas microscópicas, fragmentos de micelios, fragmentos de líquenes (soredios), pequeñas semillas, fragmentos de plantas superiores, protozoos, pequeños insectos, etc. También se considera de gran importancia, en el ámbito de la Aerobiología la propagación de enfermedades en el hombre, animales y plantas, incluyendo las infecciones cruzadas en los hospitales y la interacción entre la materia biótica y los contaminantes atmosféricos.

Hoy día son muchos los campos en los que la Aerobiología encuentra aplicación, tales como la medicina, agricultura y fitopatología, conservación del patrimonio cultural, arqueología, estudios de cambio climático, contaminación ambiental, modelos de dispersión de partículas, etc. Sin embargo, ha sido en el área de las alergias donde ha encontrado tradicionalmente un mayor campo de aplicación. De hecho, con el descubrimiento de que la llamada “fiebre del heno” (Bostock, 1819) era producido por el polen de las gramíneas y otras plantas (Blackley, 1873), es cuando se despertó un interés más generalizado por el estudio de la dispersión de las partículas y por el contenido biótico de la atmósfera, siendo Blackley el primero que diseñó el primer captador de polen y realizó estudios aerobiológicos en la ciudad de Manchester.

Finalmente, en 1974 se creó la Asociación Internacional de Aerobiología (IAA) como resultado de una reunión celebrada en La Haya durante el desarrollo del primer Congreso Internacional de Ecología. A partir de este momento, los congresos internacionales que esta asociación organiza cada 4 años, se han convertido en el principal foro de discusión de los temas objeto de estudio de esta ciencia. Precisamente, una de las más recientes definiciones de Aerobiología propuesta por uno de los máximos representantes de la IAA, la señala como la disciplina científica que estudia el transporte pasivo de organismos y partículas de origen biológico a través de la atmósfera (Mandrioli & Ariatti, 2001).

1.1.1. Procesos aerobiológicos

El proceso aerobiológico que engloba el transporte de los granos de polen y las esporas a través del aire se divide en una serie de fenómenos que incluyen desde la producción de las partículas aerovagantes, su liberación y dispersión en la atmósfera hasta su deposición e impacto (Nilsson, 1992), así como fenómenos de resuspensión.

Producción

La fuente productora de las partículas aerobiológicas puede ser puntual, lineal o areal en función de la escala a la que nos refiramos. Así, una antera puede ser una fuente puntual de producción de polen, mientras que una extensión vegetal más amplia como un bosque se considera un área (Nilsson, 1992).

El tipo de polen y esporas aerovagantes dependerá del tipo de fuente. Así, el tipo de plantas existentes en una zona determinará el polen aerovagante que podamos encontrar en un área determinada. Los cambios climáticos a lo largo del tiempo han cambiado en gran medida la distribución vegetal y por lo tanto los mapas polínicos. Pero a una escala temporal menor, los parámetros meteorológicos también pueden alterar la floración, tanto en cantidad de flores como en lo que al periodo fenológico se refiere, factores que repercutirán en la producción polínica (Burge, 2002). Sin embargo, las especies vegetales no sólo determinan los tipos polínicos más abundantes sino que un gran número de hongos, y por lo tanto de los tipos esporales presentes en la atmósfera, por su condición de parásitos y saprofitos, presentan un crecimiento condicionado a la presencia de ciertas plantas. Otro factor importante para el desarrollo de muchos hongos es la presencia de agua. Las mayores concentraciones de esporas fúngicas suelen coincidir con la época de lluvias y con el mayor acúmulo de materia vegetal muerta sobre la que crecerán los hongos, mientras que en la estación más seca el número tanto de esporas como de tipos disminuye en gran medida (Jones & Harrison, 2004).

Finalmente, la producción de los granos de polen y de un gran número de esporas responde a una estacionalidad debido a la propia fisiología de las plantas y hongos que hace que los niveles alcanzados en la atmósfera no sean constantes a lo largo del año, aunque la concentración de esporas en el aire es generalmente más elevada que la de polen (Sterling *et al.*, 1999).

Liberación

El paso de las partículas desde la fuente de producción a la atmósfera está influenciado en gran medida por los parámetros meteorológicos. Los granos de polen de las especies anemófilas

presentan una dispersión pasiva por el viento como agente de dispersión. Los estambres suelen presentar filamentos largos, anteras versátiles y una elevada producción de granos de polen para asegurar la polinización. Además del viento, la humedad relativa también desempeña un papel importante en la liberación de los granos de polen ya que una baja humedad relativa produce la dehiscencia de las anteras y de ahí que muchas especies presenten un ritmo intradiario en el que la mayor concentración de polen en la atmósfera está asociado a las horas de máxima insolación y, por lo tanto, menor humedad (Gregory, 1973; Nilsson, 1992).

Los hongos presentan una mayor diversidad en relación a mecanismos activos y pasivos de dispersión. La liberación pasiva suele acontecer en los hongos que crecen en una superficie elevada como es el caso del género *Oidium* que parasita a diversas especies vegetales, siendo las corrientes de aire las que arrastran las esporas que están sobre la superficie de las hojas (Lacey & West., 2006). Sin embargo, muchos otros hongos presentan mecanismos activos de dispersión descritos por autores como Gregory (1973) e Ingold (1999). Muchos de ellos están, en gran medida, relacionados con el agua. El impacto de las gotas de lluvia sobre determinadas estructuras reproductivas favorece la liberación de una nube de esporas, mientras que otras son dispersadas al mezclarse con el agua resultante del impacto, que hace que se resuspendan gran cantidad de microgotas (rain-splash). En el caso de los ascomicetos, el agua es necesaria para incrementar la turgencia del asco y expulsar las ascosporas. Otro fenómeno a tener en cuenta son las cargas electrostáticas de las esporas que pueden afectar a su grado de adhesión a las superficies.

Transporte y Dispersión

Una vez que las partículas están en la atmósfera, su permanencia en ésta dependerá en gran medida de los movimientos de las masas de aire, turbulencias, lluvias y convecciones térmicas que crean un transporte vertical u horizontal según los casos. Además, otras características de las esporas y granos de polen como el tamaño, la forma, la densidad y la ornamentación de la superficie afectan a la aerodinámica y a su principal propiedad que es la velocidad terminal. Esta es la velocidad máxima que alcanza un cuerpo al caer y es resultado de la acción de la fuerza de gravedad y la resistencia del aire. Así, las partículas de pequeño diámetro presentan una mayor resistencia al aire, de modo que muchas esporas de hongos de reducidas dimensiones presentarán una velocidad terminal menor y por lo tanto una mayor permanencia en el aire. Las características aerodinámicas han sido ampliamente estudiadas por autores como Gregory (1973), Spieksma (1992), Reponen (1995) y Reponen *et al.* (1996; 2001), entre otros.

Finalmente, la concentración de partículas aerovagantes alcanzada en el aire mostrará un descenso con el incremento de la distancia a la fuente de liberación, aunque también se puede producir un transporte a larga distancia. De hecho, Potter & Rowley (1960 in Dowding, 1987) encontraron polen de *Abies sibirica* a 1300 km de su origen.

Deposición e impacto

Finalmente, las partículas son depositadas sobre diversas superficies como el suelo, agua o vegetación principalmente por efecto de la gravedad, pudiendo ser de modo pasivo, por sedimentación gravimétrica, o de una forma activa por impacto al colisionar contra una superficie que interfiere en la trayectoria del flujo de aire (Madelin, 1994). Un método especial de impacto está ocasionado por la lluvia que ejerce un efecto lavado de la atmósfera arrastrando las partículas aerovagantes. Este tipo de deposición es denominada por Nilsson (1992) como deposición húmeda.

Resuspensión

Después de la deposición sobre una superficie determinada es posible que una partícula vuelva de nuevo a la atmósfera por un fenómeno de reflatación, repitiéndose de nuevo los procesos de transporte y deposición.

1.1.2. Métodos de muestreo

Uno de los primeros muestreadores volumétricos fue diseñado por Pasteur a mediados del siglo XIX para analizar los microorganismos presentes en la atmósfera. A finales de este mismo siglo Miquel desarrolló una serie de captadores y métodos de muestreo volumétricos con los que realizó un estudio exhaustivo de partículas, tanto esporas de hongos como bacterias cuantificando y describiendo las variaciones estacionales e incluso horarias que se producían en la composición del aire (Comtois, 1997). Hesse fue uno de los primeros microbiólogos que observó la diferente aerodinámica de las esporas de hongos frente a las bacterias que se dispersan formando agregados, lo que dificulta el transporte (Madelin, 1994).

Aunque el interés por las esporas presentes en el aire decreció a comienzos del siglo XX al conocerse que las grandes epidemias del hombre estaban causadas por bacterias y virus, mayormente a través del agua contaminada, los estudios continuaron gracias a los alergólogos y patólogos vegetales. May (1945) desarrolló un captador en cascada de cuatro fases, mientras que poco después Hirst (1952) inventó el captador volumétrico automático de muestreo continuado que sigue siendo el más utilizado para estudios polínicos y esporales en ambientes exteriores en la actualidad.

Así, se puede decir que los estudios aerobiológicos tanto en exteriores como en interiores comenzaron a estandarizarse en la segunda mitad del siglo XX, a medida que se fueron desarrollando nuevos aparatos de muestreo basados en diversos métodos físicos y que ya han sido ampliamente descritos en numerosos trabajos bibliográficos (Cox & Wathes, 1995; Jato *et al.*, 2001b; Lacey &

West, 2006; Galán *et al.*, 2007): deposición gravitacional (Durham, 1946; Tauber, 1967), filtración (Cour, 1974), impacto (Perkins, 1957), succión-impacto (Hirst, 1952; May, 1945; Andersen, 1956), entre otros, siendo muy interesantes los recientemente introducidos en el mercado que permiten obtener muestras en las que es posible la cuantificación de partículas biológicas y antígenos mediante técnicas moleculares e inmunológicas como PCR y ELISA, como el modelo Cyclone fabricado por la empresa Burkard o el modelo Andersen, anteriormente mencionado, provisto de filtros de fibra de vidrio.

1.1.3. Aplicaciones

Como se ha mencionado anteriormente, tanto la aerobiología como una rama concreta como es la aeromicología tienen aplicaciones en áreas tan diversas como la ecología, medicina, agricultura, veterinaria, climatología, calidad ambiental, salud e higiene, microbiología, bioingeniería, física, palinología forense, melisopalinología, etc. (Madelin, 1994).

Las partículas aerovagantes tienen numerosos efectos sobre plantas, animales y en el hombre, causando enfermedades y alergias, completando el proceso de la polinización en el caso del polen o colonizando nuevos hábitats (Lacey & West, 2006).

El transporte del polen a través del aire constituye un importante mecanismo de polinización para asegurar la reproducción de muchas especies vegetales así como de colonización de nuevas áreas, facilitándonos información sobre la distribución vegetal, alteraciones de ésta como respuesta a cambios ambientales y la aparición de especies invasoras (Nilsson, 1992).

En el campo de la agricultura, aspecto detalladamente tratado por Frenguelli (1998), también presenta una creciente importancia ya que el análisis de los granos de polen nos proporciona información sobre la fenología de las plantas, sobre la producción tanto de polen como predicción de las cosechas, así como la distancia a la que se transportan, de gran importancia en especies con polinización cruzada entre diversos cultivos. Por otro lado, las esporas de hongos son causantes de enormes pérdidas en la agricultura, que se cifran en varios billones de dólares al año. Debido a que gran número de especies son parásitos de plantas, su monitorización puede ser empleada como método preventivo de enfermedades, para la detección de patógenos o para la realización de modelos de transporte que permitan evitar la contaminación de cultivos.

En el área de la medicina y más concretamente de la alergología, el análisis de los granos de polen y esporas de hongos en la atmósfera cobran gran relevancia ya que es conocido de sobra el potencial alergénico de éstos. Hasta 1873 no fue demostrada experimentalmente por Blackley la conexión que existía entre la llamada “fiebre del heno” y el polen de las gramíneas. De ahí en adelante se desarrollaron numerosos estudios en los que se prueba el potencial alergénico de gran

número de granos de polen y esporas de hongos (Madelin, 1994). Estas partículas, por su reducido tamaño, están presentes en el aire siendo susceptibles de ser inhaladas y causar reacciones alérgicas en individuos sensibilizados, siendo de especial importancia las partículas más pequeñas como gran parte de las esporas que son capaces de alcanzar las zonas más profundas de las vías respiratorias tales como bronquios, bronquiolos y alvéolos. Además, son responsables de gran número de micosis, especialmente en personas inmunodeprimidas, de modo que su control en recintos cerrados como hogares y sobre todo hospitales es de vital importancia.

Finalmente, otro campo a tener en cuenta es el de la biodegradación y conservación del patrimonio cultural (Mandrioli & Ariatti, 2001). La contaminación causada por organismos como hongos en monumentos, diversos edificios históricos u obras de arte constituye un problema considerable, pudiendo llegar a ocasionar daños irreparables. Por ello, es importante la detección e identificación de esos organismos para un correcto tratamiento. Numerosos estudios han sido realizados en pinturas, monumentos, museos, ambientes subterráneos tales como cuevas o frescos en iglesias, etc. (Saiz-Jiménez & Samson, 1981; Monte & Ferrari, 1993; Camuffo *et al.*, 1999; Dornieden *et al.*, 2000; Camuffo *et al.*, 2001; Groth *et al.*, 2001; Aira *et al.*, 2007).

1.1.4. Aerobiología en Málaga

El grupo del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Málaga comenzó a muestrear la atmósfera de Málaga en el año 1991, siendo de las primeras estaciones aerobiológicas integradas en la Red Española de Aerobiología (REA) tras su fundación en el año 1992 (Domínguez, 1992).

La creación de la REA, a propuesta de la Universidad de Córdoba, surge con la idea de generar información útil a nivel nacional sobre el contenido polínico de la atmósfera para ser difundida a través de los medios de comunicación, al tiempo que permitiría trabajar de una manera coordinada y con una metodología similar a diferentes grupos de investigación que hasta el momento habían llevado a cabo trabajos de forma independiente. Dicha red española se integraría a su vez en la ya existente EANS (European Aeroallergen Network), con sede en la Universidad de Viena, incorporando sus resultados a la base de datos de esta entidad. La EAN fundada en 1986 permite a los países integrantes tener acceso a la información sobre la presencia de los principales pólenes alergénicos en Europa. Posteriormente, se creó la EANS-EPI (European Aeroallergen Network Server- European Pollen Information) para una más rápida difusión de la información polínica y sus predicciones a través de los diferentes medios de comunicación (Jäger, 1988).

En la actualidad, la REA, cuyo Centro Coordinador se encuentra situado en la Universidad de Córdoba, está integrada por más de 50 estaciones de muestreo que difunden los resultados a través de

diversos medios de comunicación como prensa escrita, radio, televisión e internet. Así, al igual que otras estaciones, en la página web del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Málaga aparece información de los diferentes estudios realizados en varios puntos de la provincia, así como una actualización semanal de los niveles polínicos en los puntos de muestreo activos, junto con los pronósticos para los próximos días. Esta información se encuentra dirigida principalmente a las personas alérgicas aunque también a la comunidad en general (<http://webdeptos.uma.es/biolveg/02Aer/00HAer/01Aer.html>). Recientemente ha sido publicado un manual de calidad y gestión de la REA en la que aparecen detalladas las estaciones de muestreo, así como la metodología a seguir para un correcto y estandarizado muestreo aerobiológico (Galán *et al.*, 2007).

El grupo de aerobiología de Málaga ya ha realizado numerosos estudios aerobiológicos, desarrollando los calendarios polínicos de localidades como Antequera (Recio *et al.*, 2000), Estepona (Toro *et al.*, 1997; Recio *et al.*, 2006), Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007) y ahora Nerja, así como otros estudios sobre el transporte polínico a larga distancia (Cabezudo *et al.*, 1997), acercamientos a tratamientos estadísticos (Trigo *et al.*, 2000b), desarrollo de métodos cuantitativos y análisis de las fluctuaciones intradiarias (Trigo *et al.*, 1996a; Trigo *et al.*, 1997), relación con los parámetros meteorológicos (Trigo *et al.*, 1996b; Recio *et al.*, 1999), modelos predictivos (Recio *et al.*, 1997; Toro *et al.*, 1998) y estudios inmunológicos (García *et al.*, 1996a; 1996b; 1997; 1999) entre otros, también han sido elaborados.

En la presente tesis doctoral se aborda otro campo de la aerobiología, el estudio de las esporas fúngicas que, ha cobrado una mayor relevancia en los últimos tiempos, aunque el número de trabajos publicados sigue siendo menor que en el caso del polen, especialmente en el tipo de entorno natural en el que se desarrolla nuestra investigación.

1.2. POLEN Y ESPORAS

Como se ha descrito con anterioridad la aerobiología se centra en el estudio de las partículas biológicas aerovagantes, fundamentalmente polen y esporas. Para diferenciar los diferentes tipos nos basamos en unas características morfológicas que se detallan brevemente a continuación.

1.2.1. Morfología polínica

Unidades de dispersión

En función de la forma en la que se liberan los granos de polen, éstos se denominan **mónadas** si lo hacen independientemente unos de otros (lo más habitual), **diadas** si se liberan en grupos de dos, **tétradas** de cuatro, **poliadas** si se trata de un número mayor y variable de granos de polen y finalmente **polinias** cuando, a veces, toda la masa de granos de polen formados en una antera se dispersan juntos.

Esta forma de asociación de los granos de polen es característica de los diferentes grupos taxonómicos. Así, en la familia Ericaceae son frecuentes las tétradas, mientras que en la subfamilia Mimosaceae lo son las poliadas (Fig.1.1).

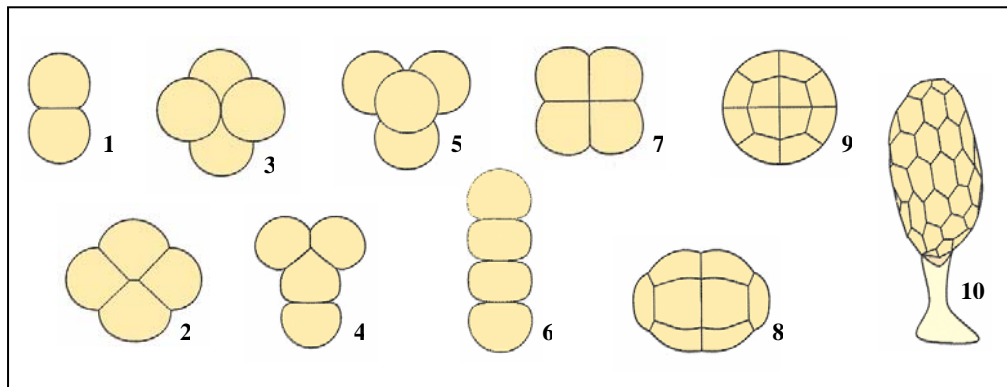


Fig.1.1. Formas de agrupación de los granos de polen. 1. Diada. 2-7. Tétradas: romboidal (2), decusada (3), en forma de T (4), tetraédrica (5), lineal (6), cuadrangulada (7). 8-9. Polinias. 10. Poliadas. Modificado de Sáenz (2004).

Polaridad

Durante la formación del grano de polen se produce una meiosis que da lugar a una tétrade donde los granos de polen aun no están independizados y en los que se pueden distinguir dos polos. El **polo proximal** más cercano del centro de la tétrade y el **polo distal** más alejado de éste (Fig. 1.2).

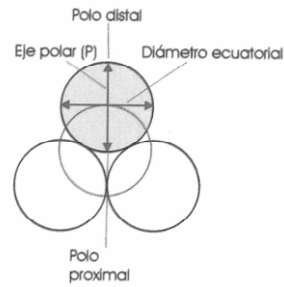


Fig.1.2. Polaridad del grano de polen.
Modificado de Sáenz (2004).

Si ambos polos son iguales hablamos de un grano de polen **isopolar**, mientras que si difieren en forma, tamaño o en las aberturas que presentan se trata de un grano **heteropolar**. Existen ocasiones en las que no es posible establecer la polaridad del grano de polen en cuyo caso se dice que es **apolar** (Fig. 1.3).

La línea que une los polos se denomina eje polar, mientras que la línea perpendicular a éste trazada en su punto más ancho es el eje ecuatorial. Estos ejes son importantes a la hora de orientar el grano de polen y estructuras tales como las aberturas.

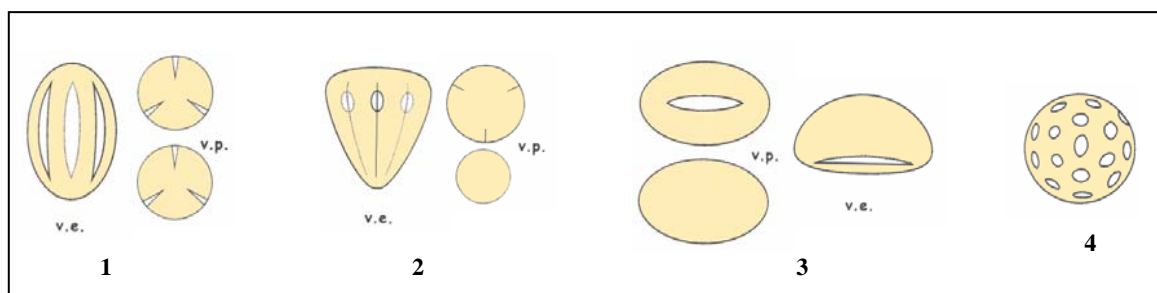


Fig.1.3. Polaridad: 1. Grano de polen isopolar. 2-3. Granos de polen heteropolares. 4. Grano de polen apolar. Modificado de Sáenz (2004).

Simetría

En función de los planos de simetría (Fig. 1.4), siempre en vista polar y corte óptico ecuatorial, que presente un grano de polen éste puede ser:

- Bisimétrico: presenta dos planos de simetría.
- Radiosimétrico: presenta 3 ó más planos de simetría.
- Asimétrico: ningún plano de simetría.

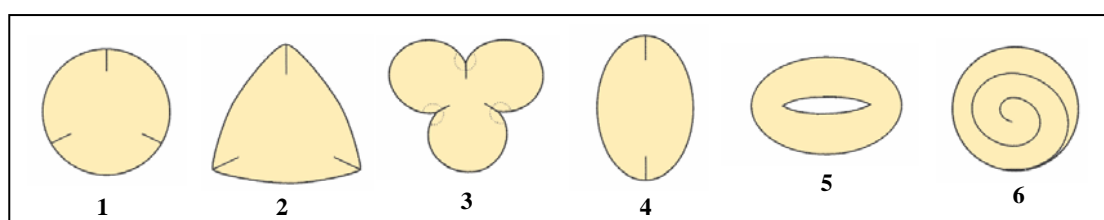


Fig.1.4. Simetría: 1-3. Granos de polen radiosimétricos. 4-5. Granos de polen bisimétricos. 6. Grano de polen asimétrico. Modificado de Sáenz (2004).

Forma

En función de la figura geométrica a la que se asemeja (triangular, circular, elíptico, etc.) o a la relación entre la longitud del eje polar y ecuatorial (P/E) podemos describir la forma del grano de polen que puede establecerse a su vez tanto en vista polar y corte óptico ecuatorial, como en vista ecuatorial y corte óptico meridiano.

Dependiendo de la relación de sus ejes, los diferentes autores han propuesto una terminología que define la forma de los granos de polen. Una de las más empleadas es la clasificación de Erdtman (1952) que se muestra en la tabla 1.1.

Relación P/E	Forma
< 0,50	peroblado
0,50-0,75	oblado
0,75-0,88	suboblado
0,88-1	oblado-esferoidal
1	esferoidal
1-1,14	prolado-esferoidal
1,14-1,33	subprolado
1,33-2	prolado
> 2	perprolado

Tabla 1.1. Clasificación de Erdtman (1952) en función de la relación P/E.

Tamaño

El tamaño del grano de polen se establece en función del eje de mayor longitud o en el caso de los granos apolares, de su diámetro. Así, Erdtman (1952) clasificó los granos de polen en muy pequeños (< 10 μm), pequeños (10-25 μm), medianos (25-50 μm), grandes (50-100 μm), muy grandes (100-200 μm) y gigantes (> 200 μm).

Estructura de la esporodermis

La esporodermis es la cubierta del grano de polen que se divide a su vez en dos capas de estructura y composición diferentes: la **intina** que es la capa más interna formada por celulosa y pectina, lo que le permite hidratarse y formar el tubo polínico, y la **exina** que es la capa más externa formada por esporopolenina sobre un pre-esqueleto de calosa, lo que le confiere gran resistencia (Fig. 1.5).

La exina a su vez se divide en dos capas desde el punto de vista morfológico (Erdtman, 1969): la **nexina** más homogénea y la **sexina** que consta de una serie de elementos alargados a modo de pilares (**columelas**), que forman el **infratéctum** sobre el que dispone una capa más o menos gruesa que puede ser continua o no, denominada **téctum**. Faegri (1956) establece otras capas en función de propiedades físico-químicas (endexina y ectexina).

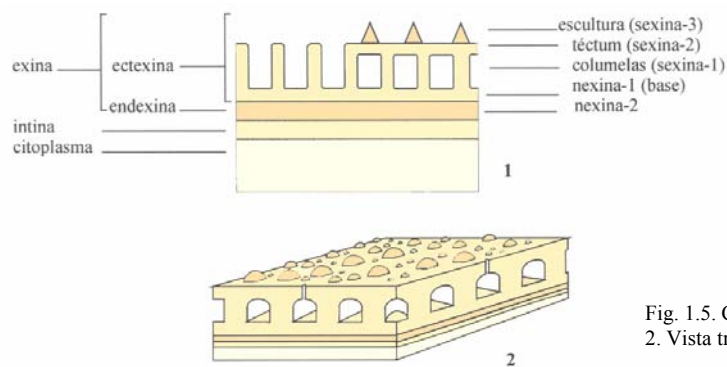


Fig. 1.5. Capas de la esporodermis: 1. corte transversal. 2. Vista tridimensional. Modificado de Sáenz (2004).

Superficie y ornamentación

Sobre el téctum habitualmente aparecen una serie de **elementos supratectales** que constituyen la **ornamentación** o escultura del grano de polen (Fig.1.6). Así, en función de su forma y tamaño éstos pueden ser gránulos, verrugas, espínulas, espinas, gemas, clavas, báculos y pilas denominándose, por lo tanto, los granos de polen granulosos, verrucosos, equinulados, equinados, gemados, clavados, baculados y pilados, respectivamente.

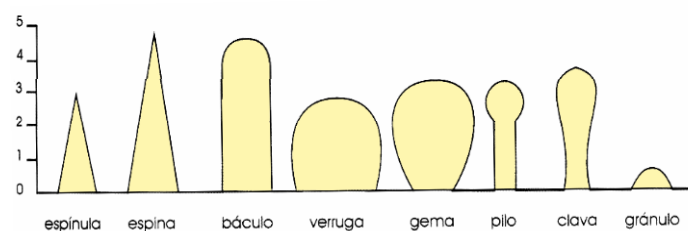


Fig. 1.6. Elementos supratectales. Modificado de Sáenz (2004).

Finalmente, se denominan escábridos a los granos de polen con elementos irregulares de menos de 1 μm que no se corresponden con ninguno de los anteriormente citados.

Por otra parte, el téctum puede ser liso (psilado) o presentar diversos motivos como estrías y rúgulas. Si el téctum no está completo se forma un retículo donde los orificios reciben el nombre de lúmenes y los restos de téctum se denominan muros. En función de la forma y tamaño de los lúmenes y los muros se habla de granos de polen reticulados, foveolados, fosulados o perforados (Fig.1.7).

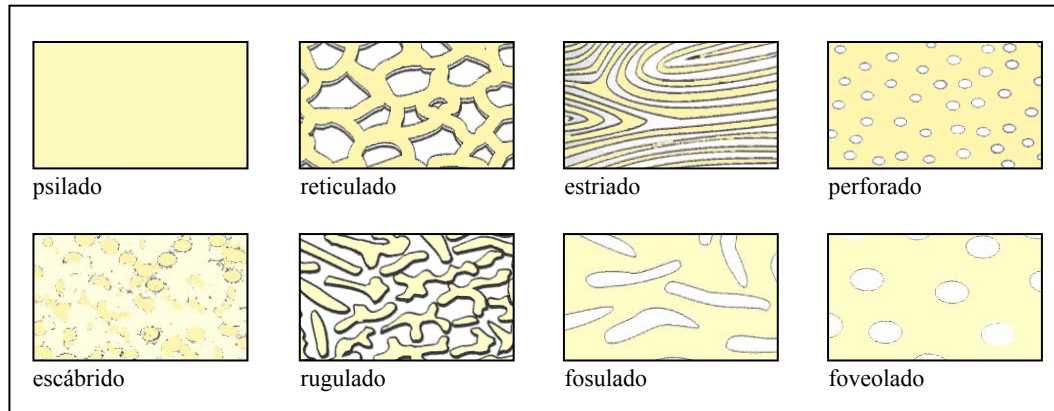


Fig. 1.7. Tipos de tectum. Modificado de Sáenz (2004).

Sistema apertural

Otra característica importante del grano de polen es el sistema apertural que está formado por las aberturas que no son más que zonas adelgazadas o interrumpidas de la exina, o al menos de alguna de sus capas por donde saldrá el tubo polínico, y que están especialmente delimitadas. Si no presentan aberturas definidas se habla de granos de polen **inaperturados**. A veces existen adelgazamientos en la exina llamados **leptomados** por los que sale el tubo polínico (Fig. 1.8).

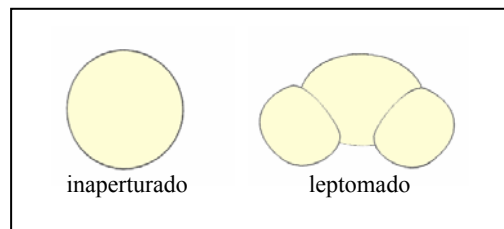


Fig. 1.8. Tipos granos de polen sin aberturas. Modificado de Sáenz (2004).

Si existen aberturas, éstas pueden ser:

- **Simples**: cuando afectan a una capa, denominándose **ectoaberturas** si afectan a la ectexina o **endoaberturas** si afectan a la endexina. También se habla de abertura simple a aquellas que afectando a dos capas coinciden en forma y en tamaño.
- **Compuestas**: afectan a las dos capas siendo diferentes en forma y tamaño (Fig.1.9).

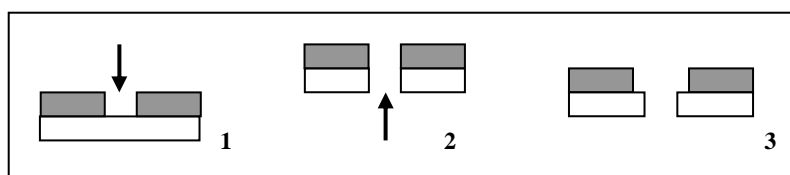


Fig. 1.9. Tipos de aberturas. 1-2. aberturas simples. Ectoabertura (1), endoabertura (2). 3. abertura compuesta. Modificado de Sáenz (2004).

Por otro lado, en función de su forma se diferencian:

- **Colpos:** aberturas simples con una relación longitud/anchura mayor a 2, medida la longitud en el sentido del eje polar.
- **Poros:** aberturas simples con una relación longitud/anchura menor a 2.
- **Sulcos:** abertura de tipo colpo pero dispuesta perpendicularmente al eje polar.
- **Colporadas:** aberturas compuestas por una ectoabertura de tipo colpo y una endoabertura de cualquier tipo. Si ésta última está en sentido del colpo se denomina **lolongada** y si presenta una disposición perpendicular hablamos de una abertura **lalongada** (éstas a veces se unen por los extremos a modo de cinturón –**endocíngulo**–)
- **Pororadas:** aberturas compuestas por una ectoabertura de tipo poro y una endoabertura de cualquier tipo (Fig.1.10).

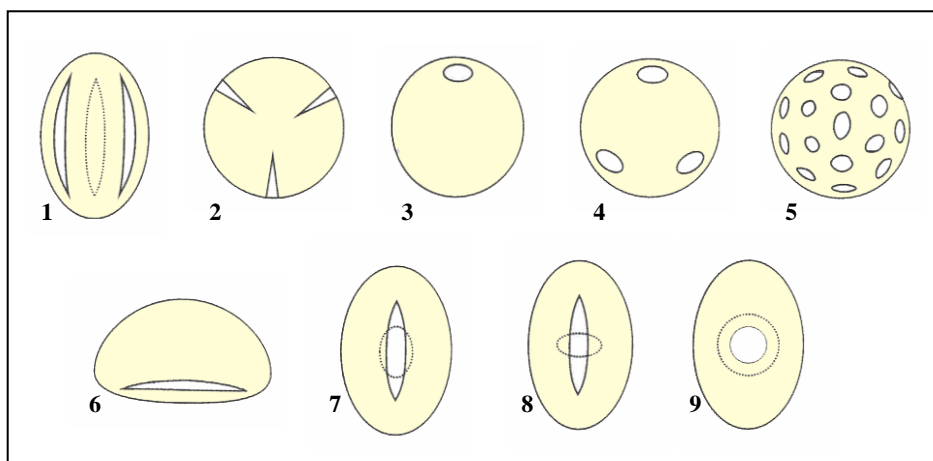


Fig. 1.10. Tipo de grano de polen en función de las aberturas. 1-2. colpos. Vista ecuatorial (1), vista polar (2). 3-5. porados. 6. sulcado. 7. colporado lolongado. 8. colporado lalongado. 9. pororado. Modificado de Sáenz (2004).

Otro aspecto importante es la presencia de determinadas estructuras en relación con las aberturas como la existencia de membrana apertural, margo, anillo, opérculo, vestíbulo, costillas y opérculo (Fig.1.11).

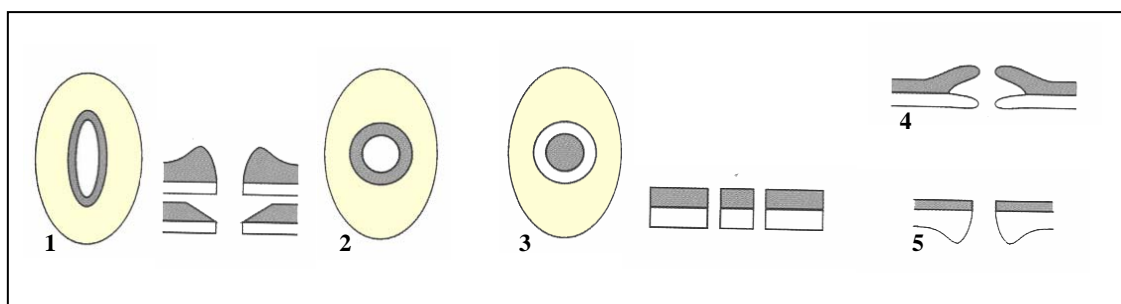


Fig. 1.11. Diferentes estructuras relacionadas con las aberturas. 1. margo. 2. anillo. 3. opérculo. 4. vestíbulo. 5. costillas. Modificado de Sáenz (2004).

Tipos polínicos. Sistema NPC.

Erdtman (1952) propuso una nomenclatura del grano de polen en función del número, posición y carácter de las aberturas. El nombre del grano de polen se forma mediante la combinación de tres partículas que aparecen descritas en la tabla 1.2.

Número (N)	Posición (P)	Carácter (C)
Mono- (1 abertura)	-cata- (polo proximal)	-leptomado (leptoma)
Di- (2 aberturas)	-ana- (polo distal)	-colpado (colpo)
Tri- (3 aberturas)	-anacata- (polo proximal y distal)	-porado (poro)
Tetra- (4 aberturas)	-zono- (franja ecuatorial)	-colporado (colpo y endoabertura)
Penta- (5 aberturas)	-dizono- (dos franjas ecuatoriales)	-pororado (poro y endoabertura)
Hexa- (6 aberturas)	-panto- (por toda la superficie)	-sulcado (sulco)
Poli- (muchas aberturas)		

Tabla 1.2. Sistema NPC de Erdtman (1952).

1.2.2. Morfología esporal

Los hongos son organismos polifiléticos por lo que las esporas de hongos presentan una elevada variabilidad, clasificándose según su origen y en base a una serie de caracteres. Pueden ser unicelulares, pluricelulares con septos (longitudinales, transversales u oblicuos), producidas asexualmente o de reproducción sexual, de diferente tamaño, forma, color, etc. (Sáenz, 1978; Alexopoulos & Mims, 1985; Ortega, 2004; Lacey & West, 2006).

Las esporas asexuales reciben el nombre de mitosporas y pueden ser:

- **Artrosporas:** fragmentación de una hifa terminal en las células que la forman.
- **Clamidosporas:** célula de resistencia resultante de la fragmentación de una hifa pero con pared gruesa y sustancia de reserva acumulada.
- **Blastosporas:** esporas originadas a partir de una célula somática, una hifa, un conidióforo u otra espora, desarrollándose antes de la formación del septo que la separa de la célula origen.
- **Esporangiosporas:** esporas producidas en el esporangio, estructura en forma de saco cuyo contenido se convierte por segmentación en una o más esporas. Si las esporas son móviles se denominan zoosporas, mientras que en caso contrario se habla de aplanosporas. Típicas de la división Zygomycota.

- **Conidios:** esporas asexuales de origen exógeno que se forman en el ápice o los lados de hifas especializadas conocidas como conidióforos. Pueden ser unicelulares o pluricelulares presentando generalmente una cicatriz en el punto de unión a la hifa (locus conidiógeno). Presentes en Ascomycota y Basidiomycota.

En el caso de las esporas sexuales o meiosporas, puesto que los hongos se clasifican a menudo según las estructuras productoras de esporas, éstas son a menudo características de un grupo taxonómico particular (Ortega, 2004):

- **Oosporas:** cigoto de resistencia, con pared muy gruesa y sustancias de reserva, de la división Oomycota, fruto de la fusión de los gametangios femenino y masculino (oogonio y anteridio, respectivamente).
- **Mixosporas:** esporas de la división Myxomycota resultado de la condensación del protoplasto celular en el interior de estructuras denominadas esporocarpos (esporangios, etalios, pseudoetalios y plasmodiocarpos), desarrollados en los plasmodios, que sintetizan una pared celular de celulosa y adquieren forma elipsoidal o globosa.
- **Zigosporas:** hipnozigoto de resistencia resultado de la fusión del contenido de dos gametangios (isogamia) en una estructura que se rodea de una gruesa pared celular constituida por varias capas pigmentadas.
- **Ascosporas:** esporas que se forman en el interior de ascos (meiosporangios), estructura generalmente alargada procedente de una célula madre del asco, resultado de la fusión de dos núcleos (cariogamia), que tras sufrir meiosis, se dividen por mitosis para dar lugar a 8 núcleos haploides que finalmente se envuelven en una pared celular.
- **Basidiosporas:** esporas que se originan de forma exógena, en el extremo de unos apéndices basidiales o esterigmas por lo que se le suele observar una cicatriz correspondiente al punto de unión con éstos. En gran parte de los basidiomicetos se producen esporas unicelulares sobre holobasidios, que poseen cuatro esterigmas sobre los que se desarrollan 4 basidiosporas. En este grupo se incluyen las setas típicas en cuyo cuerpo fructífero se localizan los basidios recubriendo laminillas (himenóforos) o poros. Algunos grupos denominados royas y carbones presentan ciclos de vida bastante complejos y varios tipos esporales entre los que se encuentran las denominadas teleutosporas, procedentes de fragmobasidios.

Forma

Al igual que sucede con los granos de polen, la forma es una característica importante que ayuda a distinguir a los diferentes tipos esporales. Según Bas (1969 in Moreno *et al.*, 1986) se establecen una serie de categorías según su relación longitud/anchura:

Relación longitud/anchura	Forma
1-1,05	globosa
1,05-1,15	subglobosa
1,15-1,30	anchamente elipsoidal
1,30-1,60	elipsoidal
1,60-2	oblonga
2-3	cilíndrica
> 3	baciliforme

Sin embargo la anterior clasificación no es válida para todos los tipos ya que tanto las esporas de origen sexual como asexual pueden presentar una gran variabilidad de formas, así como diferentes tipos de simetría (bilateral, radiosimétricas o asimétricas). Así, además de las expuestas en la tabla anterior tenemos formas de esporas con simetría bilateral tales como lenticular y filiforme. Si presentan una o ambas terminaciones agudas pueden ser fusiformes, aciculiformes, naviculares, citriformes o limoniformes, dacrioides o lacrimoides, ovoides, piriformes, amigdaliformes y cordadas. Otras esporas sin simetría presentan formas alantoide, reniforme, sigmoide, subfusiforme, rostrada, cuadrada, romboidea, hexagonal, poligonal, nodulosa, prismática, estrellada, etc. Las esporas con simetría radial se designan como globosas (Sáenz, 1978; Moreno *et al.*, 1986). Además existen otras formas apendiculadas, multirradiadas, helicoidales, etc (Fig.1.12).

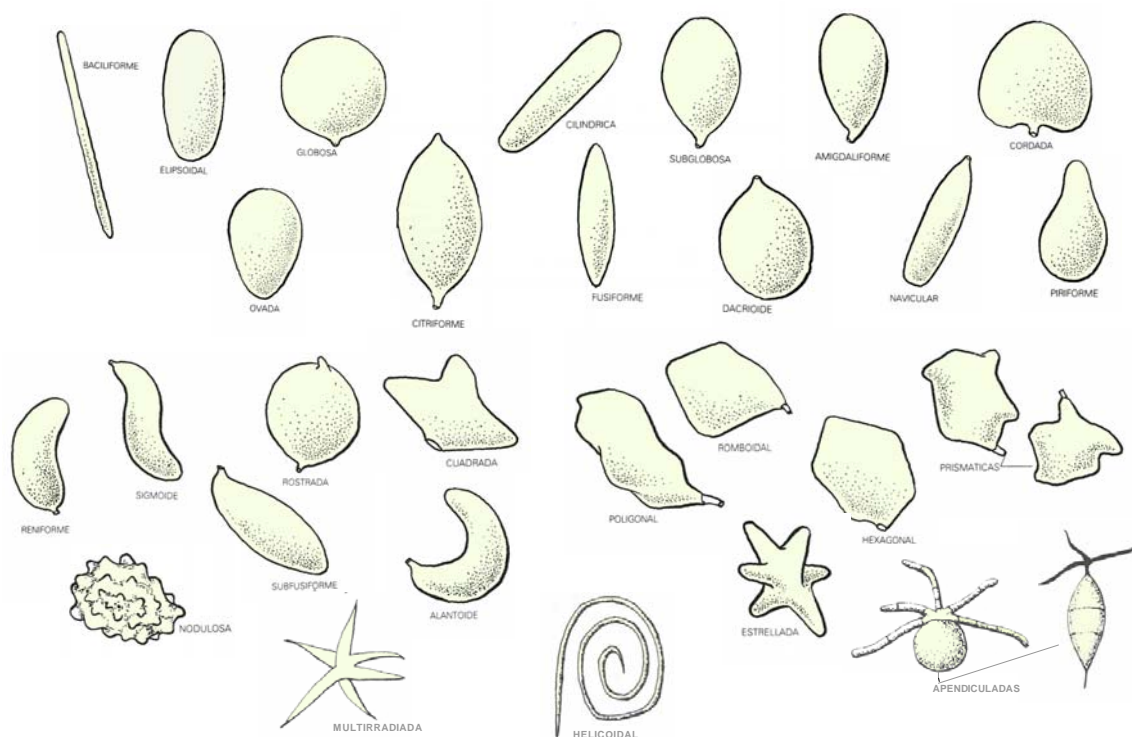


Fig. 1.12. Diferentes formas esporales. Modificado de Sáenz (2004) y Moreno *et al.* (1986).

Tamaño

El tamaño de las esporas es muy variable, pudiéndose encontrar un rango de valores comprendidos entre $1\ \mu\text{m}$ y más de $200\ \mu\text{m}$, si bien la mayoría presenta tamaños de entre 5 y $12\ \mu\text{m}$.

Coloración

El color de las esporas constituye otra característica que nos ayuda a diferenciar los tipos esporales mediante su observación al microscopio óptico, pudiendo presentar tonalidades desde amarillentas, verdosas, anaranjadas, rojizas, marrones hasta negras. La diversidad es enorme, siendo también un gran número de esporas hialinas.

Estructura de la pared y ornamentación de la superficie

La nomenclatura que reciben los diferentes tegumentos existentes en la esporas varía en función del autor y, aunque en algunas esporas como en las basidiosporas se distinguen hasta cinco capas denominadas endosporio, episporio, exosporio (responsable de la ornamentación), perisporio y ectosporio, en la gran mayoría estas envueltas no son apreciables, siendo muy difícil su diferenciación.

La ornamentación de la superficie es igualmente variable (Moreno *et al.*, 1986), existiendo elementos obtusos que dan tipos verrugos, tuberculados, nodulosos y asteriformes, ornamentaciones agudas como asperulada, equinulada, equinada y aculeada y otras como subulada, costada y alada que forman crestas, estriada, reticulada, lacunosa, caliptrada, utriculada, etc (Fig.1.13).

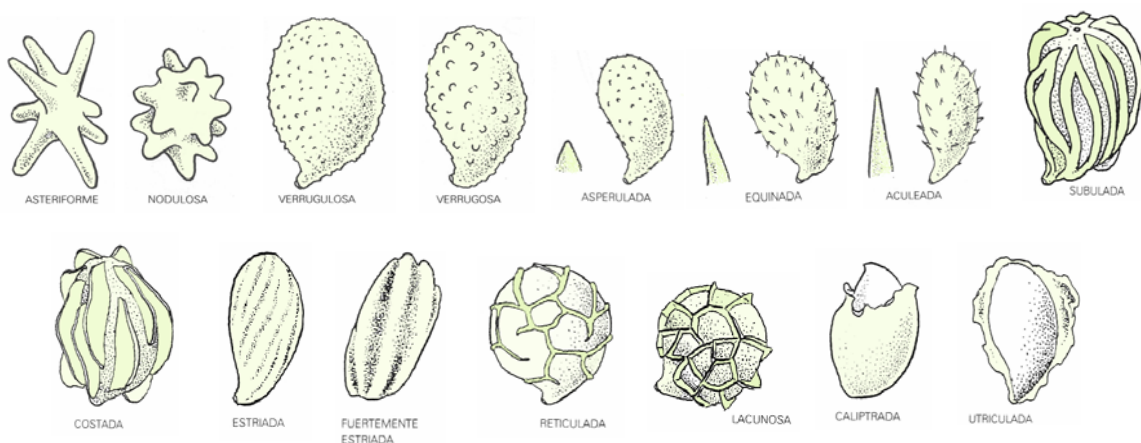


Fig. 1.13. Tipos de ornamentaciones. Modificado de Moreno *et al.* (1986).

1.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.3.1. Situación

Este estudio aerobiológico se ha desarrollado en la localidad de Nerja, término municipal englobado en la comarca de la Axarquía y cuyas coordenadas geográficas son 36° 44' de latitud norte y 3° 52' de longitud oeste. Con una extensión superficial de 85 km² y situado a 21 m sobre el nivel del mar, este municipio está enclavado al este de la provincia de Málaga en su límite con la provincia de Granada y, más concretamente, a 60 km de la capital. Se trata de una localidad costera, delimitada al este y noreste por la sierra de Almijara, que se extiende en dirección noroeste-sudeste hasta la costa, originando un relieve escarpado y con fuertes desniveles. Hacia el oeste y noroeste se encuentran las llanuras aluviales de los ríos Chíllar y Vélez, mientras que por el sur dicha localidad aparece delimitada por el mar Mediterráneo (Fig.1.14).



Fig.1.14. Localización del captador en la provincia de Málaga. Tomada de Serrano & Guerra-Merchán, 2004a.

1.3.2. Geología

La historia geológica de los materiales que conforman el área de estudio comenzó con el depósito de una secuencia más o menos pelítica-arenosa durante el Paleozoico para, posteriormente, depositarse sobre ella durante el Trías los sedimentos carbonáticos, actualmente mármoles, que forman los relieves de la sierra de Almijara. Durante la orogenia alpina, se transformaron las arcillas del Paleozoico en esquistos y los carbonatos del Trías en mármoles. Tras la estructuración de las Zonas Internas, denominadas de este modo por reunir los dominios paleogeográficos ajenos al bloque Ibérico en mantos (manto de Guájares sobre el de Almijara en esta región), se inició la deriva de éstas hacia el oeste hasta su colisión con el margen Suribérico (Zonas externas), constituido por materiales

depositados en el margen continental meridional del bloque Ibérico durante el Mesozoico y Cenozoico (Fig.1.15). Por efecto de la compresión se originaron fallas de desgarre de escala plurikilométrica como las de Frigiliana-Nerja y Chíllar-Maró, formadas durante el Burdigaliense (Mioceno inferior). Al cesar los esfuerzos compresivos, la región sufre una relajación, produciéndose diversas fallas distensivas, a partir de donde se inició la emersión de la sierra de Almirajara quedando por lo tanto, sus mármoles en condiciones de ser disueltos para formar cavidades como la Cueva de Nerja. En la etapa postorogénica se producen las grandes elevaciones del relieve ocasionando fuertes desigualdades, donde las zonas más altas son fuertemente erosionadas y abundantes fragmentos de rocas son transportados hasta zonas deprimidas próximas, en las que se produce una elevada sedimentación. Durante el Pleistoceno, debido a las etapas predominantemente cálidas y el alto nivel del mar acontecidos en este periodo, se formaron amplios abanicos aluviales que depositaron extensos afloramientos de brechas constituidas mayoritariamente por cantos de mármoles de la sierra de Almirajara. Esto pone de manifiesto un levantamiento del relieve que ha continuado prácticamente hasta la actualidad. A finales del Pleistoceno se formaron los travertinos existentes en la región, relacionados con las aguas sobresaturadas en calcita aportadas por los diversos manantiales existentes (Ferre, 1999; Carrasco, 1999; Guerra-Merchán *et al.*, 2004; Serrano & Guerra-Merchán, 2004a; 2004b).

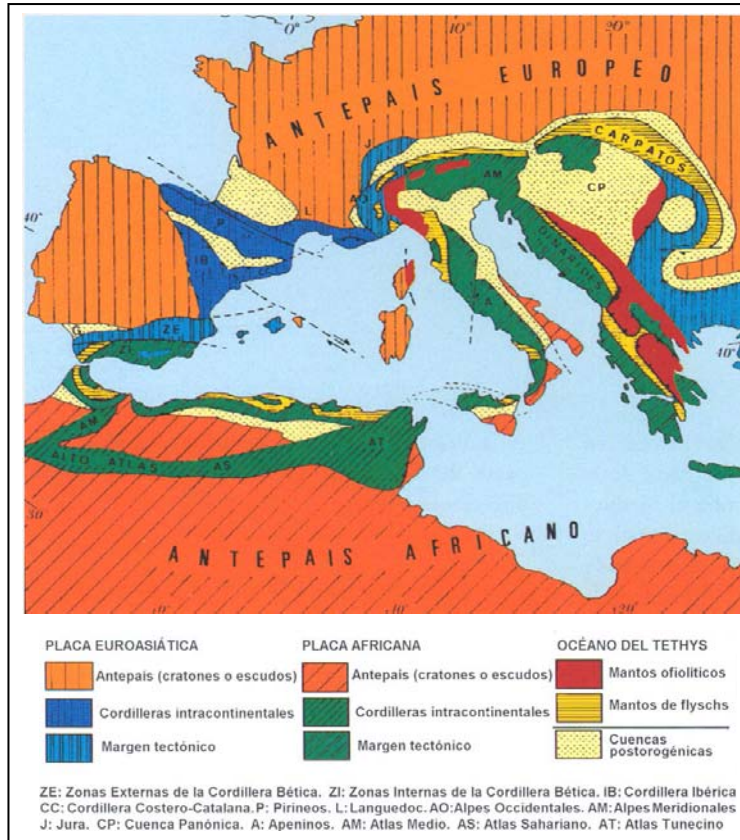


Fig.1.15. Mapa geológico de la zona del mediterráneo. Tomada de Serrano & Guerra - Merchán (2004a).

Por lo tanto, los materiales encontrados en Nerja y su entorno pertenecen por un lado al complejo Alpujárride, que actualmente aparece como manto de corrimiento, que a su vez se subdivide en otros mantos (manto de Guájares sobre el de Almirajara), intermedio entre el Nevado-Filábride (posición inferior) y el Maláguide en la parte más alta, formando parte de la denominada Zona Interna, y por otro lado, a los materiales postorogénicos, originados con posterioridad a la fase principal de plegamiento que afectó al conjunto de la Cordillera, provocado por el acercamiento y colisión entre las Zonas Interna y Externa (Fig.1.16).

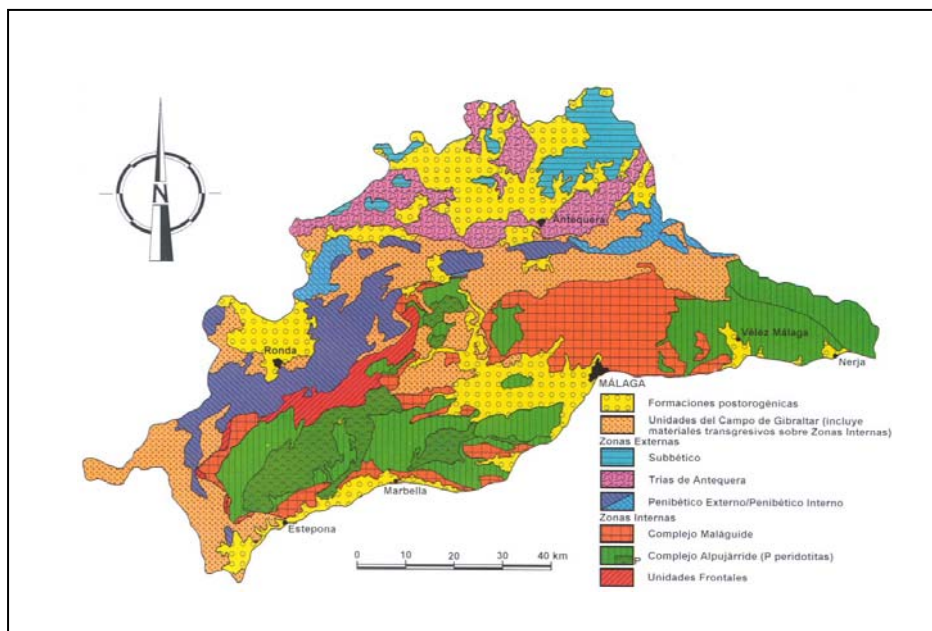


Fig.1.16. Distribución de los materiales geológicos en la provincia de Málaga. Tomada de Serrano & Guerra-Merchán, 2004a.

Así, las sierras que podemos observar en el paisaje de Nerja están constituidas, en su parte basal, por esquistos paleozoicos, pardos oscuros o negros del zócalo Alpujárride con lechos de cuarcita y cuya mineralogía está compuesta principalmente por estauroilita, cuarzo, andalucita, moscovita, biotita, plagioclasas y granate. A continuación, formando parte de la zona inferior de la cobertera, aparece una formación de filitas de tonalidades grises plateadas, azuladas o verdosas compuesta por rocas esquistosas de grano fino muy deleznable. Su mineralogía está formada por cuarzo, biotita y moscovita principalmente, aunque también aparecen de forma minoritaria plagioclasas, epidota, clorita, turmalina y anfíboles. Al igual que los esquistos también presentan intercalaciones de cuarcitas. Sobre estas zonas de esquistos y filitas se han formado morfologías de abarrancamiento, mientras que las partes altas están compuestas por mármoles triásicos calizo-dolomíticos, pertenecientes a la parte superior de la cobertera Alpujárride sobre las que se han desarrollado algunas formas de disolución kárstica. En este conjunto marmóreo se puede distinguir una parte inferior constituida por mármoles dolomíticos, fundamentalmente blancos, de aspecto

sacaroideo con grano medio o grueso y generalmente muy diaclasados, y un tramo superior más calcítico con intercalaciones de esquistos y calcoesquistos.

Por último, los materiales postorogénicos sedimentarios del Pliocuatrnario del área de Nerja presentan diferentes unidades litoestratigráficas. Dos primeras del Plioceno con materiales continentales y marinos someros y una tercera del Pleistoceno de origen aluvial (Serrano & Guerra-Merchán, 2004c).

La costa está determinada por un sistema de fracturas de dirección NW-SE que favorecen los afloramientos de rocas alpujárrides. En la parte más occidental las rocas costeras son predominantemente esquistos negros con cuarcitas del Paleozoico pertenecientes al Manto de Guájares. Estas rocas debido a su exfoliación por la esquistosidad y a que están muy fisuradas, son atacadas con relativa facilidad por la acción de las olas produciendo acantilados poco pronunciados y playas estrechas. También existen pequeñas depresiones pliocuatrnarias que dan zonas de playas más amplias en el área de Nerja. Finalmente, en la zona oriental, aparece una importante zona de fracturas responsables de que los mármoles alpujárrides del manto de Almijara alcancen la línea de costa en forma de espectaculares acantilados con pequeñas calas de difícil acceso (Fig.1.17).

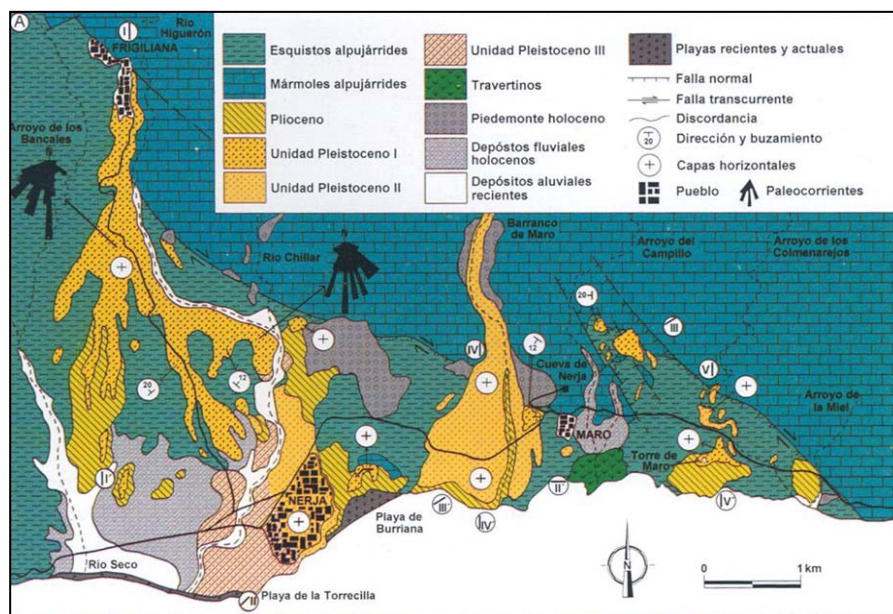


Fig.1.17. Mapa geológico de la zona de Nerja. Tomada de Serrano & Guerra-Merchán, 2004c.

1.3.3. Caracterización edafológica

Atendiendo a las unidades de paisaje, diferenciadas fundamentalmente por sus características litológicas, topográficas y botánicas, podemos describir una serie de unidades edafológicas en la

región de Nerja. Ésta no se puede caracterizar por un solo tipo de unidad ya que, desde el punto de vista geológico, existe una confluencia de materiales de diverso origen que ocasionan unidades diferentes (Fig.1.18).

Así, siguiendo el esquema tomado de Guerra-Merchán, (1998), podemos apreciar una unidad (unidad 1) de sedimentos aluviales recientes, arenas y gravas del Plioceno y Pleistoceno localizados en las llanuras fluviales por debajo de los 300-400 m sobre el nivel del mar. Son suelos poco evolucionados (fluvisoles calcáreos) en relieves planos o casi planos. La vegetación natural es escasa debido al alto grado de cultivos existentes, especialmente de cítricos.

A continuación aparecen suelos poco evolucionados en zonas con cierta pendiente, pero que pueden llegar a un alto grado de diferenciación en zonas llanas, formándose luvisoles (unidad 8). Son suelos rojos o pardo-rojizos utilizados en su mayoría para el cultivo y para repoblaciones con pino carrasco.

Rodeando estos suelos fluviales aparecen al este, sobre la sierra de Almirajá, litosoles provenientes de calizas, dolomías, areniscas calcáreas y mármoles mesozoicos (unidad 2). Se localiza en zonas con una pendiente mayor y generalmente se trata de suelos poco evolucionados con escaso espesor. La vegetación que se puede encontrar en estos suelos está constituida por matorrales mediterráneos calcícolas con áreas de pinos de repoblación. Hacia el oeste aparecen suelos sobre esquistos alpujárrides en relieves montañosos (unidad 4). Son predominantemente regosoles y cambisoles donde es posible encontrar matorrales xéricos mediterráneos, pinos de repoblación y zonas destinadas al cultivo del olivo, aguacate y almendro entre otros.

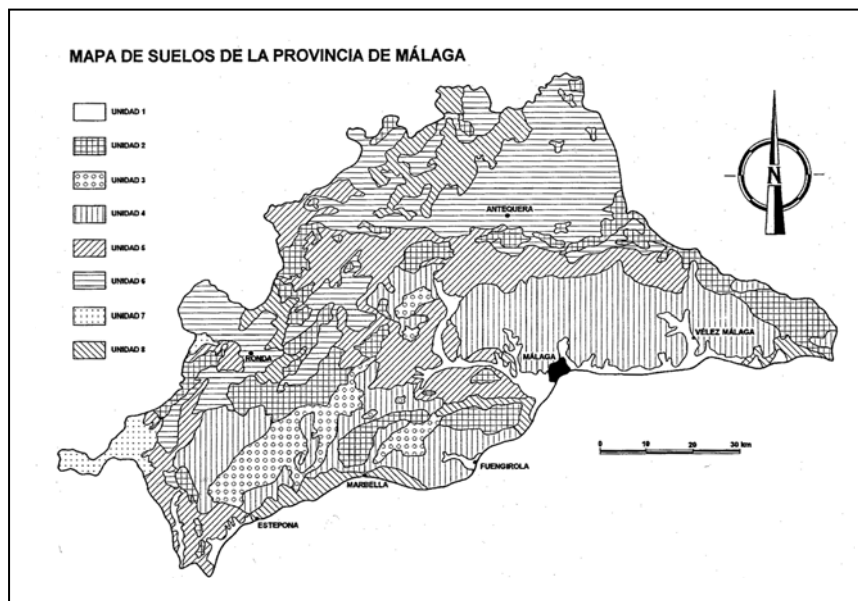


Fig.1.18. Distribución de las unidades de suelo de la provincia de Málaga. Tomada de Guerra-Merchán, 1998.

1.3.4. Red hidrográfica

En la zona de Nerja, la red de drenaje está constituida por diferentes cauces de escaso recorrido, con direcciones perpendiculares a la costa y pendientes elevadas, no existiendo ríos con caudal importante. La irregularidad de las precipitaciones provoca grandes variaciones en el caudal de agua, siendo en su mayoría intermitentes y que, junto con los diversos arroyos existentes, llevan agua sólo en época de lluvias por el fondo de estrechos barrancos. Los únicos ríos que conservan un pequeño caudal en verano son el río de la Miel, el de Maro, el Río Chíllar (16,1 km de recorrido) y el Higuierón.

Los lechos secos de los ríos en las partes bajas de las sierras suelen utilizarse como huertas de temporada.

1.3.5. Climatología de la zona

En lo referente a la caracterización bioclimática, Nerja se caracteriza por inviernos suaves, libres de heladas, y una temperatura media anual de 19,2°C (Rivas-Martínez, 1987). Dado que la temperatura media anual supera los 16°C y que las precipitaciones anuales son superiores a 350 mm pero que en ningún caso sobrepasan los 650 mm, podemos decir que esta región se sitúa en el piso termomediterráneo con ombroclima seco (Rivas-Martínez, 1981). En la estación meteorológica situada en el centro urbano a 21 m sobre el nivel del mar, el promedio de la precipitación total anual recogida es de 424 mm. Sin embargo, si nos desplazamos un poco hacia el norte (cercañas de la Cueva de Nerja y lugar de emplazamiento del captador), la pluviometría varía ascendiendo hasta los 534 mm de lluvia total anual como media registrada en la estación de Maro (localidad más cercana al punto de muestreo y a 122 m sobre el nivel del mar). En ésta, la temperatura media anual es de 20°C, presentando una media mensual máxima durante el mes de agosto situada en 27°C y una media mensual mínima en febrero de 14.4°C (Fig.1.19). La media de las mínimas del mes más frío es de 10.1°C mientras que la media de las máximas del mes más cálido es de 32.1°C. La temperatura máxima absoluta alcanzada durante el periodo de estudio es de 40°C, mientras que la mínima absoluta, según datos históricos, no llegó nunca a situarse por debajo de los 0°C (Allue, 1990).

Las precipitaciones se caracterizan por estar irregularmente repartidas a lo largo del año y con una prolongada sequía estival que se extiende prácticamente a los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, registrándose eventualmente algunas lluvias, aunque muy escasas, a principios de junio y finales de septiembre. Los máximos niveles de precipitaciones se producen a principios de otoño y entre finales del invierno y principios de primavera, siendo éstas más intensas y acumulándose en un corto espacio de tiempo. Durante el periodo de sequía, se origina un fuerte déficit de agua en el suelo desde junio a octubre que se acentúa aun más por las elevadas temperaturas alcanzadas durante el

verano, lo que produce un rápido agotamiento estival del tapiz herbáceo y una interrupción de la actividad vital de las plantas (Trigo, 1984).

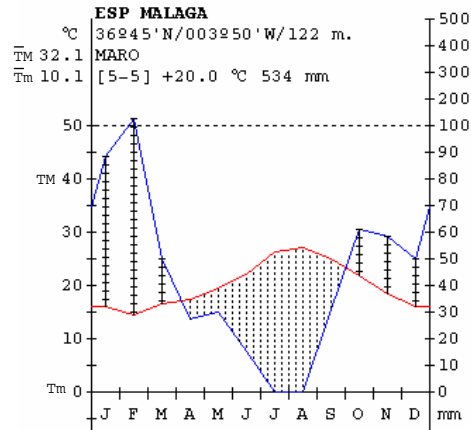


Fig.1.19. Diagrama ombroclimático de Maro. Modificado de Allue (1990) y Rivas-Martínez & Rivas y Sáenz (1996). \overline{T}_M : media de las temperaturas máximas del mes más cálido, \overline{T}_m : media de las temperaturas mínimas del mes más frío, TM: temperatura máxima absoluta, Tm: temperatura mínima absoluta, — precipitaciones mensuales (mm), — temperaturas medias mensuales (°C).

1.3.6. Fitogeografía y vegetación

Desde un punto de vista fitogeográfico la zona de Nerja pertenece a la Subregión Mediterránea Occidental, quedando englobada en la Provincia Bética. Sin embargo, esta localidad no se puede incluir en un solo sector ya que recibe influencia básicamente del sector Almijaro-Granatense (subsector Almijarenses), formado por las sierras dolomíticas variablemente kakiritizadas de Tejeda y Almijara y por el sector Alpujarro-Gadorenses (subsector Alpujarreño) que ocupa una estrecha banda litoral desde Maro hasta la Cala del Moral. (Nieto *et al.*, 1991a). En este subsector se puede diferenciar la unidad Nerjeña propuesta por Pérez Latorre *et al.* (2004). Por lo tanto, en esta zona podremos encontrar taxones típicamente alpujarra-gadorenses, béticos (malacitano-almijarenses) y almerienses, además del componente norteafricano.

En principio, la vegetación natural potencial estaría representada mayoritariamente por encinares termófilos de la clase *Quercetea ilicis* (*Smilaco-Quercetum rotundifoliae*) pero, debido a la historia paleofitocenológica y al estado de degradación que presentan, la vegetación predominante que podemos encontrar está compuesta por matorrales calcícolas de monte bajo mediterráneo característicos de las comunidades del orden *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* (con asociaciones como *Asparago-Rhamnetum oleoidis*, *Rhamno-Maytenetum europaei* y bojedas *-Cneoro-Buxetum balearicae-* entre otras), de la asociación *Lavandulo dentatae-Genistetum retamoidis* (endémica de la costa mediterránea entre Nerja y Almuñécar) y artales (*Calicotomo-Maytenetum senegalensis*), así como por amplias zonas con pinos de repoblación (Trigo, 1984; Nieto *et al.*, 1991a; Pérez Latorre *et al.*, 2004; Cabezudo *et al.*, 2005). Son especies diferenciales de la unidad nerjeña *Cneorum triccocum*, *Maytenus senegalensis*, *Rosmarinus tomentosus* y *Lafuentea rotundifolia*.

Los artales representan la vegetación reliéctica termófila desarrollada en una estrecha banda litoral, acantonada en los barrancos con orientación sur e influencia marítima directa, por lo que se encuentra exclusivamente en las cuencas de los ríos, colinas extremadamente térmicas y soleadas y en piedemontes muy cercanos al mar. Como primera etapa de sustitución presenta un espinar con *Maytenus europaeus* (*Rhamnus-Maytenetum europaei*) que en muchas zonas es sustituida por matorrales de *Lavandulo dentatae-Genistetum retamoidis*.

El alejamiento de la influencia marina provoca la sustitución de los artales por las bojadas de *Buxus balearica*, vegetación de carácter edafófilo capaz de desarrollarse en zonas ricas en magnesio como las dolomías, que en zonas con fuertes pendientes y litosoles kakiríticos, se asocian a *Pinus halepensis*. En zonas de solana sobre kakiritas y roquedos también es posible apreciar la presencia del pino carrasco con la sabina mora formando pinar-sabinares edafoixerófilos de escasa cobertura (*Pino halepensis-Juniperetum phoeniceae*). Las bojadas típicas aparecen actualmente sólo en el fondo de barrancos y laderas umbrías o con suelos profundos, pudiéndose encontrar formaciones arborescentes con *Ceratonia siliqua* que indican el máximo climático de su zonopotencialidad. En su variante más termomediterránea se desarrolla junto con *Maytenus senegalensis*.

Con relación a los matorrales, cabría destacar los aulagares sobre dolomías de *Odontito-Thymetum baetici* en mosaico con espartales de *Thymo-Stipetum tenacissimae* sobre laderas incendiadas y suelos puntualmente menos erosionados que hacia el oeste son sustituidos progresivamente por *Teucrio-Coridothymetum capitati*.

El pastizal anual es de pequeña talla y muy fugaz, correspondientes comunidades de *Brachypodium dystachion* que en suelos más arenosos se transforman en comunidades de *Silene aellenii* y *Chaenorrhinum ravejii*. Sin embargo, sobre kakiritas se encuentra el pastizal anual magnésicola *Jasiono-Linarietum saturejoides linarietosum flavae*.

En algunos fondos de barrancos sobre micaesquistos, aun es posible encontrar quejigales reliécticos pertenecientes a la serie climatófila *Myrto-Querceto suberis*, desaparecidos en su mayoría por causas antrópicas. También aparecen comunidades de *Ononis speciosa* acompañada por *Anthyllis cytisoides* y que están generalmente rodeados de bolinares (*Lavandulo-Genistetum equisetiformis*). Como variante de tránsito a escobonales menos xerófilos encontramos comunidades de *Cytisus malacitanus* como orla retamoide de las bojadas.

A continuación, en altitud, podemos encontrar encinares mesomediterráneos que, con *Buxus balearica* y *Juniperus oxycedrus* (*Buxo balearicae-Quercetum rotundifoliae*), marcan el tránsito entre las bojadas anteriormente mencionadas y los encinares de *Paeonio-Quercetum rotundifoliae* presentando como orla un lentiscar de *Bupleuro-Pistacietum lentisci* y que contactan en su zona superior con sabinares.

Como series y complejos edafogénicos hidrófilos podemos encontrar saucedas basófilas de *Erico eriginae-Saliceto pedicellatae* en los tramos medios conservados de los arroyos de caudal

permanente, con brezales de *Molinio-Ericetum erigenae* en zonas donde la vegetación arbustiva ha desaparecido. En los márgenes de arroyos intermitentes que discurren sobre dolomías se instalan adelfares con brezos de la serie *Erico-Nerietum oleandri*. Si se trata de suelos silicícolas aparece la serie *Dorycnio recti-Saliceto pedicellatae* con faciación con adelfas. Los adelfares de *Rubo-Nerietum oleandri* también son frecuentes en estos arroyos intermitentes.

Finalmente, además de la vegetación natural, también cabe destacar la presencia de flora ornamental (casuarinas, cipreses, palmeras, etc.) en los jardines que rodean a la estación aerobiológica, así como las plantaciones de frutales de origen tropical, especialmente aguacate, y hortícolas en los terrenos cultivables del municipio.

1.3.7. La Cueva de Nerja

La Cueva de Nerja se desarrolla sobre mármoles blancos dolomíticos, estando generadas por la disolución del carbonato cálcico-magnésico de estas rocas. Se encuentra a una altitud de 158m sobre el nivel del mar y a 800 metros de éste, en el extremo meridional del acuífero de la sierra de Almijara (descrita en el apartado 1.3.2.). Se piensa que la génesis de la cueva comenzó en el Plioceno, si bien la mayor actividad litogénica se produjo durante el Pleistoceno medio (Carrasco, 1993).

Aunque fue descubierta en 1959, existen numerosas evidencias (depósitos arqueológicos y muestras de arte rupestre) de la sucesión ininterrumpida de culturas prehistóricas que la habitaron desde comienzos del Paleolítico superior (20.000 a.C.) hasta la Edad del Bronce (1.800 a.C.) (Sanchidrian, 1994). En la actualidad el entorno se encuentra urbanizado, formando parte de un gran complejo turístico que recibe a más de 500.000 visitantes al año.

Esta formación natural, en la que una de sus características más destacadas es la gran magnitud de sus salas ya que presentan un volumen total de más de 250.000 m³, se encuentra dividida en dos zonas que, en su conjunto, presentan un desarrollo topográfico de 4.823 m, con una parte visitable turísticamente que sólo representa un tercio del total (Galerías Bajas) y otra no visitable por el público constituida por las Galerías Altas y Galerías Nuevas (Carrasco *et al.*, 1998). Las Galerías Bajas (zona en la que se ha realizado el estudio) se orientan en sentido N 35° E, con un eje principal de unos 250 m de longitud, constituyendo una sucesión de grandes salas y pequeños divertículos, separados por importantes edificios de espeleotemas. Actualmente, a la cueva se accede por una abertura artificial habilitada en 1960 y excavada a través de un tapón holocénico de origen sedimentario, aunque consta de otras dos estrechas aberturas naturales en forma de torcas, en los jardines próximos a la entrada (Fig.1.20).

La temperatura en el interior de la cueva se mantiene más o menos constante durante todo el año (18-19°C), detectándose los valores más elevados en agosto y las mayores variaciones en las

zonas más externas de la cavidad. Además, se registran ligeras oscilaciones a lo largo del día debido a diversos factores exógenos tales como la iluminación artificial, responsable de un incremento de hasta $0,3^{\circ}\text{C}$, y la entrada de visitantes, en cuyo caso se estima que la temperatura sufre un aumento de $0,1^{\circ}\text{C}$ por cada 1000 personas que acceden a la cueva y día.

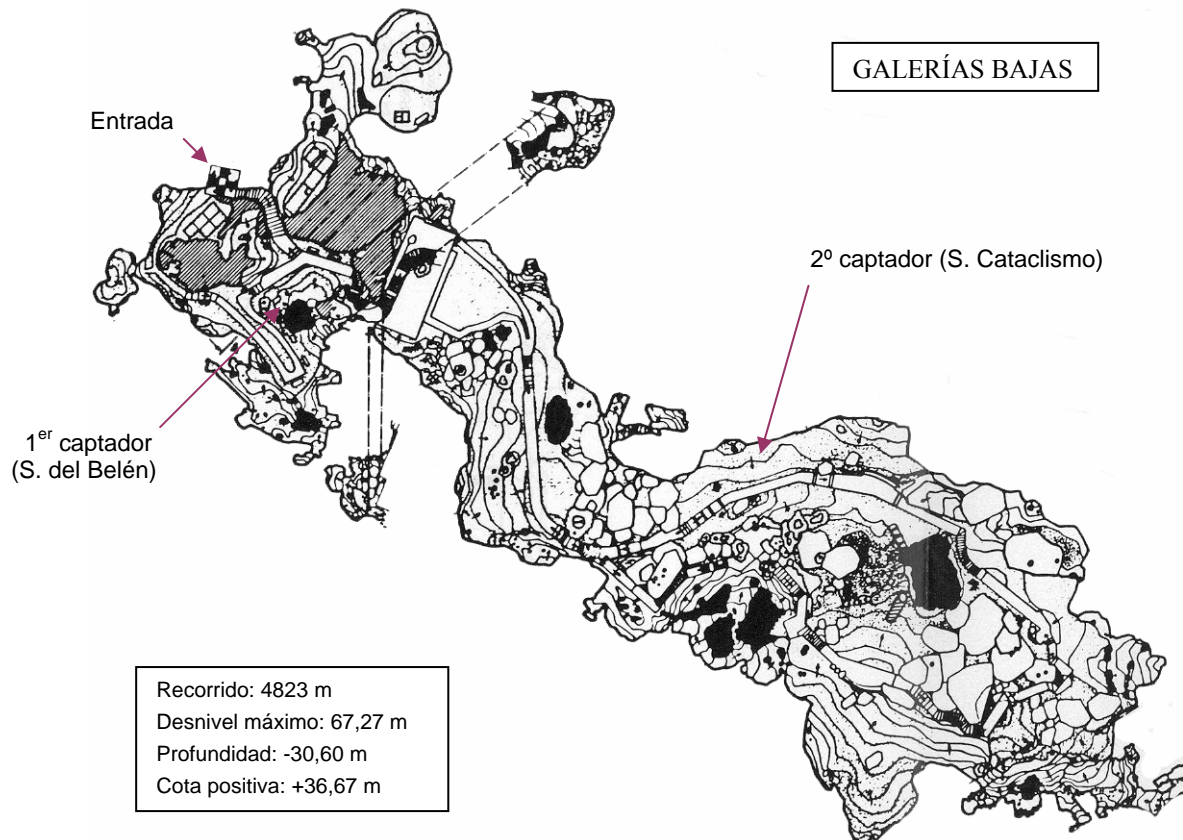


Fig.1.20. Dibujo de las galerías de la zona visitable de la Cueva de Nerja. Tomada de Ramírez *et al.* (1985).

Los valores de humedad relativa, que son elevados durante todo el año, experimentan una variación que se sitúa entre el 82 y el 88%, siendo mayor en los meses de verano ya que se produce un desfase estacional desde la entrada del agua de la lluvia hasta su salida por goteos, debido a la lenta circulación de ésta a través de los mármoles situados encima de la bóveda (Liñán *et al.*, 2002). Al igual que sucede con la temperatura, durante el día también se registra un incremento en el porcentaje de humedad relativa situado en torno al 2-3%.

Se han realizado varios trabajos (Dueñas *et al.*, 1993 & Cañete, 1997) sobre la concentración de radón en la atmósfera de la cueva, poniéndose de manifiesto su relativa buena ventilación. Mientras que en otoño e invierno, donde la temperatura exterior es menor y se establece un mejor flujo de aire, la renovación del aire del interior se realiza en un día, en primavera y verano este intercambio tarda hasta cerca de cinco días en producirse.

Por las características físicas y estructurales de las aberturas al exterior no existe un gradiente de luz, pasándose a un interior carente totalmente de luz natural. Sin embargo, debido al acondicionamiento sufrido para posibilitar su visita, se ha procedido a su iluminación artificial lo que ha permitido la presencia y desarrollo de especies vegetales en esta cavidad que en estado natural no aparecerían. Así, se han detectado ejemplares de briófitos (*Bryum murorum*), líquenes (*Lepraria* sp.), clorofíceas y sobre todo, cabe destacar la aparición de cianofíceas pertenecientes a diversos géneros (Nieto *et al.*, 1991b).

Sin embargo, en la actualidad se ha procedido al acondicionamiento con luz fría reduciéndose casi en su totalidad la presencia de organismos fotosintéticos.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS



2.1. JUSTIFICACIÓN

Desde que en el año 1991 se iniciaron los estudios aerobiológicos en el Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Málaga, se han realizado muestreos en diversos puntos de la provincia. Así, además de Málaga capital se han realizado estudios aerobiológicos durante varios años en el área occidental costera de la provincia (Estepona), así como en una comarca de interior como es el caso de Antequera, de mayor influencia agrícola. Sin embargo, para tener un mapa aerobiológico más completo que refleje tanto las similitudes como la heterogeneidad existente en la provincia desde el punto de vista aerobiológico, nos pareció interesante la realización de un estudio aeropolínico de la región más oriental.

Para este estudio tuvimos la oportunidad de contar con la colaboración del Patronato Cueva de Nerja de modo que no sólo pudimos analizar el contenido polínico de la atmósfera del entorno sino que fue posible la realización de un estudio del contenido de partículas biológicas del interior de la Cueva de Nerja aplicando una metodología, tanto por el tipo de captador como por la duración del mismo, que no se había llevado a cabo hasta ahora en el interior de cavidades naturales.

La localidad de Nerja, al igual que el entorno de su cueva constituyen un centro turístico importante que recibe un gran número de visitantes a lo largo de todo el año, por lo que resulta de gran interés el análisis de los alérgenos potenciales presentes en la atmósfera susceptibles de provocar trastornos tanto en la población permanente como entre sus visitantes.

2.2. OBJETIVOS

1. Realizar un estudio cualitativo y cuantitativo del contenido polínico de la atmósfera de Nerja, analizando la distribución estacional del polen total y de cada uno de los tipos identificados, así como las diferencias interanuales y la distribución intradiaria de los tipos predominantes en la localidad.
2. Estudiar las relaciones existentes entre las concentraciones polínicas y diversos parámetros meteorológicos mediante estudios de correlación y regresión.
3. Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo del contenido esporal del interior de la cueva mediante un muestreo ininterrumpido con un captador de tipo Hirst, una metodología poco usual en este tipo de trabajos, así como estudiar la distribución estacional y la distribución intradiaria de los tipos esporales principales.

4. Comprobar la heterogeneidad esporal de la atmósfera del interior de la cueva mediante la comparación entre dos puntos de muestreo.
5. Comparar las concentraciones de diversos tipos esporales con las registradas en el exterior de la cueva.
6. Intentar dilucidar el origen de las esporas halladas en el interior de la cavidad.
7. Valorar la metodología empleada en este trabajo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS



3.1. MUESTREO AEROBIOLÓGICO

Para la realización del estudio aerobiológico se dispusieron 3 captadores de partículas, uno situado en el exterior y otros dos en el interior de la Cueva de Nerja.

3.1.1. Situación y características del entorno de los puntos de muestreo

El **captador externo** se situó en las inmediaciones del complejo turístico “Cueva de Nerja” (3° 50' 29" W, 36° 45' 50" N), a unos 3 Km al noreste del núcleo urbano y más concretamente junto a la estación meteorológica allí ubicada, que está en funcionamiento desde julio del año 2000. Se encuentra a una altura de 169 m sobre el nivel del mar y, a pesar de no ser lo más recomendado a la hora del emplazamiento, el aparato recolector se ancló en la parte superior de un pilar de un metro y medio de altura aproximadamente, en la parte superior de una colina, de manera que se encuentra en una zona abierta sin obstáculos que dificulten la libre circulación del aire, con el grupo de edificios más cercano (las instalaciones de la Cueva de Nerja) a los pies de dicha colina y a un desnivel considerable, lo que suple, en cierto modo, la falta de altura por encima del nivel del suelo inicial del aparato. Además, el recinto en cuestión, disponía de una toma de corriente eléctrica y estaba protegido por una alambrada que impedía el paso de personas evitando, de este modo, una manipulación no deseada del aparato. Así, teniendo en cuenta todas esas consideraciones, se optó finalmente por este lugar como el más apropiado frente a otros existentes en los alrededores.

La variedad de la flora y vegetación del entorno está influenciada en gran modo por la geología, edafología, climatología, actividades antropozoógenas, etc., que contribuyen a la riqueza florística de la zona, existiendo además, influencias de los territorios próximos, detectándose la presencia de especies alpujarro-gadorenses, almerienses, béticas y norteafricanas, como ya se ha descrito en un capítulo anterior.

La vegetación natural del entorno más próximo al captador está constituida por pastizales de especies anuales y apetencias nitrófilas (*Bromenalia rubenti-tectori*) de clara influencia antrópica, con algunos elementos de matorral adaptado al stress hídrico del verano pertenecientes a la serie *Rhamno-Maytenetum europaei*, sustituida en muchos puntos por *Lavandulo dentatae-Genistetum retamoidis*, y amplias zonas con pinos de repoblación (Nieto *et al.*, 1991a). Además, debemos tener en cuenta la vegetación ruderal de carácter viario, correspondiente al orden *Chenopodietalia muralis*, desarrollada sobre suelos ricos en compuestos nitrogenados y más o menos compactos por la acción antropogénica.

Finalmente, destacar la presencia de flora ornamental (casuarinas, cipreses, palmeras, etc.) en los jardines que rodean a la estación aerobiológica, así como las plantaciones de frutales de origen tropical, especialmente aguacate, y hortícolas en los terrenos cultivables del municipio.

El captador de polen se instaló y se puso en marcha el 15 de febrero del año 2000 y ha mantenido su funcionamiento ininterrumpido hasta el 31 de diciembre de 2003, con excepción del 16 al 26 de junio de 2000, periodo en el que se carecen de datos por un fallo en el suministro de corriente eléctrica.

El primer **captador interno** se situó en el interior de la Cueva de Nerja, y más concretamente en la **Sala del Belén**. Esta es la primera sala que se visita tras bajar por las escaleras de entrada quedando muy cerca tanto del pasillo de entrada como de salida. Cuenta con veinte metros de largo, diez de ancho y cinco de alto, formando un corredor abovedado. El aparato recolector de partículas se fijó al suelo mediante tornillos, en un área cercada, a metro y medio del sendero de cemento habilitado para el paso de los visitantes.

Con el objetivo de realizar una comparación con los datos esporales obtenidos en diferentes puntos de la cueva, a fin de la realización de un breve estudio de la homogeneidad tanto cuantitativa como cualitativa, se dispuso otro aparato **captador** de partículas en otra de las salas, ésta más alejada de las aberturas, denominada **Sala del Cataclismo**. Esta sala de grandes dimensiones presenta una gran columna central de 32 m de altura, situándose en el punto más bajo de la cueva y al final de la zona visitable (Carrasco *et al.*, 1998). En este caso el captador también se ancló al suelo pero a una altura de 3m aproximadamente sobre el sendero adecuado para el tránsito de personas.

Los datos obtenidos con el captador de la Sala del Belén fueron los utilizados para el estudio detallado tanto cualitativo como cuantitativo del interior de la cueva, realizándose un muestreo ininterrumpido desde el 1 de agosto de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2005, a excepción del periodo del 24 y 25 de julio y del 4 al 6 de noviembre de 2002 y del 2 al 5 de enero de 2005 por fallo en el suministro de corriente eléctrica. El segundo captador situado en la sala del Cataclismo estuvo en funcionamiento desde el 1 de abril de 2003 hasta el 31 de diciembre de 2005.

3.1.2 Tipo de captador

Los aparatos recolectores de partículas biológicas empleados fueron captadores volumétricos de tipo Hirst (Hirst, 1952), marca Burkard, modelo 7-day recording en el exterior y de marca Lanzoni, modelo VPPS 2000 en el interior (Fig.3.1). Al utilizar este tipo de instrumentos de succión-impacto se está empleando un método no viable ya que mediante una sustancia adhesiva, las partículas que son captadas hacia el interior del aparato, quedan fijadas a una cinta transparente que se procesará posteriormente para proceder a su visualización al microscopio óptico.

Para el recuento de esporas existen numerosos aparatos de muestreo habiendo encontrado en la bibliografía numerosos trabajos comparativos entre diversos captadores (Burge 1990, Li & Lin, 1999, Morris *et al.* 2000, Wang *et al.* 2001, Spurgeon 2003, Wüst *et al.* 2003; Pyrrri & Kapsanaki-Gotsi, 2007). A pesar de la afirmación de algunos autores en cuanto a la infravaloración del número

de esporas con el método empleado en este trabajo por ser partículas menores a 5 μm (Spieksma 1995), también es cierto que permite un estudio continuo hora por hora y durante un periodo prolongado haciendo posible un análisis no sólo cuantitativo puntual que ofrece resultados casi inmediatamente tras la recolección (Baxter *et al.* 2005), sino a lo largo de un día, estación o año.

Estos captadores, morfológicamente muy similares (57 x 65 x 65 cm, aproximadamente) y con las mismas características de funcionamiento, presentan una boquilla, con un orificio de 2 x 14 mm que es el lugar por el que penetran las partículas al interior del mismo, gracias a su vez, a una bomba de vacío situada en la parte inferior del aparato, que genera un flujo de aire desde el exterior hacia el interior, regulado a un caudal estándar de 10 l/min, lo que posibilita la comparación de los datos obtenidos por diferentes estaciones aerobiológicas. Cuando las partículas, biológicas o no, entran a través del orificio impactan sobre una cinta plástica transparente de Melinex® impregnada de una sustancia adhesiva, que está situada sobre un rodillo acoplado a un sistema de relojería, lo que le permite avanzar a una velocidad constante. Esto le confiere ciertas ventajas frente a otros métodos de muestreo aerobiológico explicados anteriormente ya que permite un seguimiento del comportamiento aerobiológico tanto estacional como intradiario. Este tambor avanza a una velocidad constante de 2 mm la hora y tiene una autonomía de 7 días, de modo que los cambios de cinta y recogida de muestras se realizaban una vez por semana.

Además, constan de una visera para proteger las muestras de las inclemencias meteorológicas, principalmente de las lluvias, una veleta para dirigir la boquilla siempre en la misma dirección que el viento y tres patas por las que se fijan al suelo o soporte empleado a tal efecto.

En el caso de los captadores situados en la cueva, las viseras, al estar en un espacio cubierto, fueron eliminadas al igual que las veletas, ya que se mantuvieron en una posición fija durante todo el periodo del muestreo, con la boquilla orientada al pasillo destinado al tránsito de los visitantes.



Fig.3.1. (a-b). Captador exterior marca Burkard (a) e interior, situado en la Sala del Belén, marca Lanzoni (b).

3.1.3. Sustancia adhesiva

Existen numerosas sustancias adhesivas utilizadas en aerobiología tales como el petrolato, lubriseal, glicerina/gelatina, fluido de silicona, o más recientemente el adhesivo acrílico utilizado en la cinta adhesiva de doble cara 3M Scotch (Comtois *et al.*, 1997; Alcázar *et al.*, 2003). Para que una determinada sustancia sea considerada un buen adhesivo debe reunir una serie de propiedades. Según Kämpylä (1989):

- no debe ser soluble en agua
- no debe secarse o evaporarse
- su grado de adhesividad no debe alterarse en relación al tiempo, la temperatura o la humedad
- debe mostrar eficiencia en la retención de partículas
- no puede favorecer el desarrollo de microorganismos
- debe poseer buenas características ópticas para una adecuada visión al microscopio óptico y
- ser compatible con el medio de montaje

Sin embargo, ninguno de los adhesivos empleados cumplen todas esas propiedades ya que la vaselina, como se explicará a continuación, se ve afectada por la temperatura en su índice de viscosidad y adhesividad y el fluido de silicona (utilizado en este estudio), no es altamente compatible con el medio de montaje hidrosoluble usado normalmente, dificultando el aumento de volumen y tinción del grano de polen. A pesar de ello, por sus otras cualidades y teniendo en cuenta estudios comparativos realizados (Solomon *et al.*, 1980; Comtois & Mandrioli, 1997; Galán & Domínguez-Vilches, 1997; Razmovski, 1998), consideramos que es el más idóneo para nuestra zona de muestreo.

Esta sustancia adhesiva frente a otras empleadas, presenta una gran estabilidad en un amplio rango de temperaturas (-20 a +150°C) (Galán & Domínguez-Vilches, 1997). El petrolato blanco es sólido a temperatura ambiente, de modo que es necesario calentarlo previamente a 80°C en una placa calefactora, al igual que el tambor sobre el que está la cinta, para poder extenderla de manera uniforme con la pérdida de tiempo que ello supone. Otro inconveniente es que en lugares donde la temperatura alcanza valores extremos puede llegar a derretirse deslizándose a lo largo de la cinta y alterando la distribución original de las partículas. En el caso de que las temperaturas sean muy bajas, el petrolato se endurece y puede llegar a agrietarse. El fluido de silicona, al ser líquido a temperatura ambiente es de fácil y rápida aplicación gracias a un pincel, facilitando la aplicación de una película fina y uniforme sobre la cinta. Esto es posible porque está disuelta en tetracloruro de carbono que se volatiliza quedando la silicona como agente adhesivo. Este disolvente orgánico es tóxico de modo que es necesario aplicarlo en una campana de gases.

Las partículas aerovagantes, entre las que se encuentran los granos de polen y las esporas de hongos, una vez succionadas e impactadas quedan fijadas a la cinta de Melinex® gracias a una sustancia adhesiva, que en este caso y siguiendo las recomendaciones de la Red Española de

Aerobiología (REA) (Galán & Domínguez-Vilches, 1997) se trata de fluido de silicona disuelto en tetracloruro de carbono al 2%.

Para la impregnación de la cinta de Melinex® con el fluido de silicona se disponía de un soporte giratorio, para así facilitar su manipulación, suministrado por los respectivos fabricantes donde se fijaba el tambor, por medio de una tuerca, sobre el que se disponía la cinta (Fig.3.2). Esta se sitúa entre unas marcas que presenta el tambor que indican el punto inicial y final de la zona de impacto. Para sujetar la cinta al tambor se empleó una banda, de 1 x 0.5 cm aproximadamente, de cinta adhesiva de doble cara. En primer lugar se adhiere un extremo de la cinta de Melinex® a la cinta adhesiva de modo que ocupe más o menos la mitad de su superficie. Una vez que queda fijada se procede, con la ayuda del soporte giratorio, a su colocación a lo largo de todo el rodillo manteniendo en todo momento una tensión suficiente para que quede bien extendida. Finalmente, se pega el extremo final de la cinta al fragmento de cinta adhesiva que aun estaba libre, quedando lista, como se ha comentado previamente, para la aplicación con un pincel de una fina película de fluido de silicona a lo largo de la cinta y en una campana de gases. Tras la aplicación del adhesivo, se introduce el tambor en un recipiente cerrado, especialmente diseñado para ajustarse a las dimensiones del tambor, que evita posibles contaminaciones hasta su colocación en el captador de partículas.



Fig.3.2. Soporte giratorio Burkard

Para marcar claramente el comienzo del muestreo, sobre todo en días lluviosos donde el índice de partículas en el aire puede ser menor, se realizó una señal con ayuda de una aguja enmangada, utilizando el marco superior de la boquilla de entrada de aire del aparato como referencia. Cuando se procedía a la recogida de muestras, antes de cambiar el tambor, se realizaba una línea similar para marcar el final del muestreo, aunque esta vez, tomando como referencia el marco inferior de la boquilla.

3.2. PREPARACIÓN Y MONTAJE DE LAS MUESTRAS

En el laboratorio, una vez retirada la cinta del tambor gracias al soporte giratorio y con la ayuda de unas pinzas, se situaba sobre una regleta de metacrilato que presenta unas hendiduras transversales cada 2 y 48 mm para hacer posible el tener muestras diarias o incluso horarias (Fig.3.3). Los extremos de la cinta de Melinex® que quedaban sin impactar se fijaban a la regla mediante cinta adhesiva teniendo en cuenta que el inicio de la misma se situase siempre a la izquierda y que la superficie impactada quedase hacia arriba. A continuación, se procedía a cortar la cinta mediante una cuchilla en fragmentos de 48 mm (24 horas) para, posteriormente, ser montados sobre portaobjetos.



Fig.3.3. Regleta de metacrilato.

3.2.1. Medio de montaje

Al igual que sucede con el adhesivo, existe un gran número de sustancias empleadas como medio de montaje, cada una de ellas con diferentes características. Para que sea considerado un buen medio de montaje, éste debe cumplir una serie de requisitos entre los que destacan el ser soluble en agua, tener alta penetrabilidad en las células y por lo tanto propiciar la hidratación del grano de polen para facilitar su identificación, no puede presentar coloración, el índice de refracción debe estar comprendido en un rango de 1.40-1.45, ser líquida y con un índice de viscosidad adecuado para una fácil aplicación. Si además se pretende que perdure en el tiempo es necesario que se endurezca rápidamente, que el cubre quede fuertemente adherido, que no dañe las partículas fijadas en él y que no altere el colorante usado (Käpylä, 1989).

En este estudio se ha utilizado glicerogelatina con fushina como colorante por sus características ópticas, durabilidad y facilidad de aplicación. La composición de este medio de montaje es el siguiente:

- 57 ml de glicerina
- 30 g de gelatina
- 80 ml de agua destilada
- 3 g de fenol
- fushina básica (se diluye progresivamente una pequeña cantidad hasta obtener el grado de tinción deseado).

Para su obtención se mezcla la gelatina con el agua destilada en un matraz Erlenmeyer y se calienta al “baño María” hasta que la gelatina se haya disuelto completamente. A continuación, se agrega la glicerina agitando la mezcla con una varilla de vidrio durante 15 min. Finalmente, tras retirarlo de la fuente de calor, se añaden los 3g de fenol, la fushina y se deja enfriar.

Para el montaje de las muestras se aplica una pequeña cantidad de glicerogelatina, previamente fundida, sobre el portaobjetos mediante una pipeta Pasteur y se sitúa sobre éste uno de los fragmentos de cinta, cuidadosamente para evitar la formación de burbujas. De esta manera queda la cinta fijada al cristal. A continuación, sobre un cubre objetos de dimensiones 24 x 60 mm se aplica otra pequeña cantidad de glicerogelatina y se coloca sobre la muestra evitando nuevamente la formación de burbujas ya que dificultaría la lectura de las preparaciones. Para que la glicerogelatina difunda adecuadamente por toda la muestra, se ejerce una pequeña presión sobre el cubre con unas pinzas. Cuando se solidifica, tras unos minutos, se procede a la eliminación de los restos de glicerogelatina con ayuda de una cuchilla en primer lugar y, posteriormente, con papel de celulosa ligeramente humedecido. Finalmente las preparaciones se sellan mediante laca de uñas transparente y se etiquetan indicando la estación aerobiológica de la que se trata, fecha y hora de la recogida de la muestra.

3.3. LECTURA DE LAS PREPARACIONES

Existen diferentes métodos utilizados por los aerobiólogos para el **recuento de polen**. Entre ellos destacan el de los campos al azar (Makinen, 1981), campos tangenciales (Mandrioli, 1990), barridos transversales (Emberlin *et al.*, 1994) y el empleado en este estudio, que sigue la metodología propuesta por la REA (Domínguez-Vilches *et al.*, 1991), consistente en la realización de cuatro barridos longitudinales a 400 aumentos (Fig.3.4a).

Diversos autores han publicado estudios comparativos entre las diferentes metodologías y sobre la precisión de éstas, obteniéndose en muchos casos resultados no demasiado concluyentes. Así, Tormo *et al.* (1996) y Gino *et al.* (2002) han realizado estudios sobre la homogeneidad de la deposición de los granos de polen sobre la cinta, obteniendo resultados no coincidentes entre sí, ya que mientras que los primeros si encontraban diferencias significativas en la deposición de granos de polen con un detrimento hacia los extremos de la cinta, los segundos autores no encontraron esas diferencias significativas. También existen trabajos que analizan la heterogeneidad de las concentraciones polínicas de dos captadores situados a 1 metro de distancia en los que se llega a la conclusión de que no existían diferencias significativas entre los datos recogidos por ambos aparatos (Gino *et al.*, 2002 & Pedersen & Moseholm, 1993). Comtois *et al.* (1999) realizó un estudio comparativo entre las metodologías de campos al azar, barridos transversales y longitudinales obteniendo un incremento en los porcentajes de error desde el primero al último. Sin embargo, al igual que las diferencias encontradas en el estudio realizado por Cariñanos *et al.* (2000a), donde comparan el método de barridos transversales versus barridos longitudinales, las diferencias apenas son significativas. Como ambos autores afirman, es difícil establecer una determinada metodología como la más apropiada, puesto que esto depende en último lugar de nuestro objetivo. En nuestro caso, nos decantamos por la lectura de 4 barridos longitudinales a 400X como método más adecuado a nuestro estudio del polen atmosférico ya que uno de nuestros propósitos era conocimiento de ciertos datos como el comportamiento intradiario, que con otros métodos de conteo resultaría imposible obtener.

En relación al método de **recuento de esporas** es posible observar diferentes estrategias seguidas por diversos autores, encontrando incluso estudios comparativos (Sterling *et al.*, 1999 & Cariñanos *et al.* 2000a). Sin embargo, en este trabajo finalmente elegimos la realización de dos barridos longitudinales centrales a diferentes aumentos (Fig.3.4b). Un barrido a 1000X, debido al elevado número de esporas fúngicas de pequeño tamaño que de otro modo pasarían desapercibidas, como es el caso de aspergiláceas y parte de las esporas de *Cladosporium* (Burge, 1989). El segundo barrido se realizó a 400X, lo que permite observar un mayor campo microscópico, disminuyendo así el error cometido al extrapolar el número de esporas al total de la preparación.

El microscopio utilizado ha sido un microscopio óptico binocular marca Nikon SE provisto de regleta micrométrica para conocer el tamaño de los granos de polen y esporas detectados.

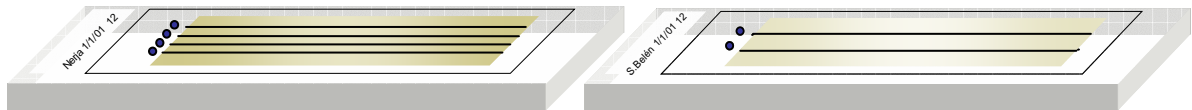


Fig.3.4.(a-b). Modelos de recuento empleados en este estudio para polen (a) y esporas (b).

Al objeto de poder realizar estudios de variación intradiaria, el recuento de polen y esporas se ha efectuado hora por hora. Para ello se ha utilizado una regleta impresa sobre una lámina de acetato que presenta divisiones cada 2 mm (fragmento que corresponde a una hora) y que se situó en la parte inferior del portaobjetos, fijada con cinta adhesiva, de modo que, con el microscopio, es posible observar una sombra que corresponde a la línea divisoria entre dos franjas horarias (Fig.3.5).

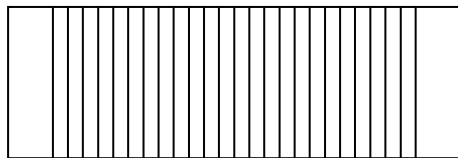


Fig.3.5. Regleta empleada en el recuento horario.

Los datos horarios están referenciados a la hora oficial española, que equivale a +1 hora tomando el huso horario UTC (Tiempo Universal Coordinado) de referencia. En España se aplica el DST (Daylight Saving Time) por lo que entre la última semana de marzo y la primera de abril se adelanta en una hora el horario oficial (UTC+2), volviéndose a retrasar a finales de octubre.

Para la identificación de los diferentes **tipos polínicos** se ha recurrido a la palinoteca de referencia que existe en el Departamento de Biología Vegetal desde el año 1992, así como a una serie de trabajos de morfología polínica (Trigo, 1989, 1992; Trigo & García, 1990; Trigo *et al.*, 1990 y Trigo & Fernández, 1994, 1995), y de publicaciones y atlas polínicos (Domínguez *et al.*, 1984; Grant-Smith, 1984, 1986; Vadés *et al.*, eds., 1987; Jato *et al.*, 2001b; Reille, 1992 y Recio, 1995).

Dada la dificultad en distinguir en muchos casos los granos de polen de las diferentes especies pertenecientes a determinados grupos de plantas con el microscopio óptico, se ha adoptado el término “tipo polínico”, que unas veces está referido a una sola especie, pero otras, a uno o varios géneros o incluso a una o más familias. Así el “tipo parietaria” corresponde a las especies pertenecientes al género *Parietaria* y a las del género *Urtica* excepto para *Urtica membranacea* que por su morfología característica se contabiliza de modo independiente. El “tipo Compositae” incluye a todas las especies de la familia Compositae excepto el género *Artemisia*, y el “tipo Cupressaceae” que engloba a la familia Cupressaceae junto a Taxaceae y Taxodiaceae. Finalmente, el “tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae” que como su nombre indica incluye a los pólenes de las familias Chenopodiaceae y Amaranthaceae.

A la hora de la identificación y descripción de los distintos **tipos esporales** se utilizaron atlas y otros libros de referencia, así como diversos trabajos y documentos electrónicos: Ellis, 1971; 1976; Webster, 1980; Grant smith, 1984; 1986; Alexopoulos & Mims, 1985; Reineria *et al.*, 1998; de Hoog *et al.*, 2000; Doctorfungus Corporation, 2001; Elvira rendueles, 2001; Li *et al.*, 2001; La Serna *et al.*, 2003; Llamas *et al.*, 2003; CABi Bioscience Databases, 2004; Departament of Environmental Health & Safety, 2004; Kodsueb *et al.*, 2004; Morales, 2004; Mycobank, 2004; Aira *et al.*, 2005; Bustos, 2006; Chacón & Humaña, 2006; Dugan, 2006; The University of Adelaide, 2006; EMSL Analytical, 2007; Environmental Microbiology Laboratory, 2007.

Dada la dificultad, mayor aun que con los granos de polen, en la identificación simplemente mediante la observación de la espora al microscopio óptico a nivel de especie e incluso género se ha optado por el empleo del término “tipo esporal” donde se incluyen las esporas pertenecientes al taxon en cuestión, así como el resto de las esporas con morfología lo suficientemente similar para imposibilitar su correcta discriminación. Así, el tipo aspergiláceas incluye tanto las esporas del género *Aspergillus* como *Penicilium* y el tipo *Drechslera*, las esporas de este género y del género *Helminthosporium*. Esta técnica aunque no permita identificar en muchos casos especies o géneros como los anteriormente mencionados géneros *Aspergillus* o *Penicillium* (Baxter *et al.*, 2005), presenta ventajas frente al cultivo en placa ya que en este caso sólo los hongos capaces de crecer en un determinado medio de cultivo serán los que se detecten pudiendo quedar infravalorado el número de especies que realmente están presentes en la atmosfera (Simmons, 2003).

Por su origen polifilético, la taxonomía de los hongos es un tema bastante complejo y aunque los diferentes grupos se han ido modificando a lo largo del tiempo, en este trabajo se ha seguido la clasificación propuesta en la IX edición del Ainsworth and Bisby's Dictionary of Fungi (Kirk *et al.*, 2001). Sin embargo, aunque actualmente existe una tendencia a la desaparición del grupo de los hongos mitospóricos para su inclusión en los grupos ya existentes, con el objetivo de facilitar la agrupación de las esporas identificadas, fundamentalmente dada su calidad de sexuales o asexuales, se ha optado por seguir empleando este grupo artificial.

3.4. TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE POLEN Y ESPORAS

Una vez realizados los recuentos mediante la realización de los diversos barridos al microscopio óptico fue necesario la informatización y transformación de esos datos para su posterior elaboración y tratamiento estadístico.

3.4.1. Factor de corrección

Los resultados han sido expresados en granos de polen o de esporas, en su caso, por metro cúbico de aire (concentración media diaria). Para ello, es necesario calcular un factor de corrección que extrapole el recuento de polen del área leída al total de la muestra, al tiempo que nos permita expresar los resultados referidos en número de partículas por m³ de aire.

Así, debemos calcular por un lado la superficie de la cinta que leemos frente a la superficie total de la misma, para las 24 horas de muestreo a las que corresponde cada preparación, y establecer el ratio existente entre ambas superficies.

• Cálculo del factor de corrección para muestras de polen

La superficie total impactada durante las 24 horas de muestreo corresponde al cálculo del área de un rectángulo, donde la altura sería la anchura de la boquilla de entrada de aire (14 mm), mientras que la base es el resultado del avance de la cinta a razón de 2 mm/h. De este modo se obtendría:

$$14 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} = 672 \text{ mm}^2$$

Por otro lado, debemos calcular el valor del área leída. En este caso teniendo en cuenta que el diámetro de campo para el microscopio empleado con un objetivo de 40X es de 0.45 mm y que se han realizado 4 barridos:

$$0.45 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} \times 4 \text{ barridos} = 86,4 \text{ mm}^2$$

Además, como la concentración de polen a la que queremos llegar está expresada en número de granos de polen por metro cúbico de aire debemos calcular el volumen de aire que entra al aparato durante las 24 horas de muestreo. Teniendo en cuenta que el caudal de aire es de 10 l/min, entonces:

$$10 \text{ l/min} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h} = 14.400 \text{ l} = 14,4 \text{ m}^3$$

Finalmente, con estos datos se obtiene un factor de corrección que nos dará las concentraciones medias diarias de polen:

$$F_c = \frac{672 \text{ mm}^2 / 86,4 \text{ mm}^2}{14,4 \text{ m}^3} = 0,54$$

• Cálculo del factor de corrección para muestras de esporas

Al igual que los niveles de polen, los resultados han sido expresados en número de esporas por metro cúbico de aire (concentración media diaria), de modo que se calcularon los factores de corrección necesarios para extrapolar el recuento de esporas del área leída al total de la muestra.

En este caso se emplearon dos factores diferentes en función del tamaño de las esporas. Así, en el caso de las esporas de reducido tamaño como sucede con las del tipo aspergílaceas, o esporas que a pesar de su mayor tamaño, y aunque muchas veces superen las 10µm como el tipo *Boletus*, son hialinas dificultando su detección, sólo se contabilizaron en el barrido a 1000X ya que a menos aumentos, un gran número de esporas pasarían desapercibidas infravalorando su presencia en la cueva. Si presentan un tamaño lo suficientemente grande, además del barrido anteriormente mencionado, también se realizó otro a 400X.

Por lo tanto, los factores de corrección obtenidos para el cálculo de las concentraciones medias diarias de esporas son los siguientes:

-Esporas de los tipos aspergílaceas, *Cladosporium*, *Basipetospora*, *Stachibotrys*, *Didymella*, *Diatrypaceae*, *Emericella*, *Boletus*, *Bovista* y *Calvatia*:

· superficie total impactada durante las 24 horas de muestreo:

$$14 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} = 672 \text{ mm}^2$$

· superficie leída:

$$0.18 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} \times 1 \text{ barrido} = 8,64 \text{ mm}^2$$

· volumen de aire que entra al aparato durante las 24 horas de muestreo:

$$10 \text{ l/min} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h} = 14.400 \text{ l} = 14,4 \text{ m}^3$$

· factor de corrección:

$$\mathbf{Fc} = \frac{672 \text{ mm}^2 / 8,64 \text{ mm}^2}{14,4 \text{ m}^3} = \mathbf{5,4}$$

- Resto de esporas:

· superficie total impactada durante las 24 horas de muestreo:

$$14 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} = 672 \text{ mm}^2$$

· superficie leída:

$$\text{a } 1000\text{X} \rightarrow 0.18 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} \times 1 \text{ barrido} = 8,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{a } 400\text{X} \rightarrow 0.45 \text{ mm} \times 2 \text{ mm/h} \times 24 \text{ h} \times 1 \text{ barrido} = 21,6 \text{ mm}^2$$

· volumen de aire que entra al aparato durante las 24 horas de muestreo:

$$10 \text{ l/min} \times 60\text{min} \times 24 \text{ h} = 14.400 \text{ l} = 14,4 \text{ m}^3$$

· factor de corrección teniendo en cuenta los dos barridos será:

$$\mathbf{Fc} = \frac{672 \text{ mm}^2 / 8,64+21,6 \text{ mm}^2}{14,4 \text{ m}^3} = \mathbf{1,54}$$

3.4.2. Periodo principal de polinación (PPP)

Con la finalidad de un mejor análisis estadístico se ha establecido, sólo en el caso de los granos de polen, el periodo de polinación principal (PPP) para los taxones más importantes en función de los niveles alcanzados en la atmósfera de Nerja, escogiéndose los diez primeros en orden de abundancia que, o bien sobrepasan el 1% o están muy próximos a este porcentaje.

No existe una metodología estandarizada para el establecimiento del PPP, pudiéndose alterar los resultados en función del método empleado (Jato *et al.*, 2006). En este caso el criterio escogido

para delimitar el periodo principal de polinación ha sido la eliminación de las colas de los porcentajes acumulados para cada taxón dejando el 95% del total, de modo que el comienzo se establece el día que se alcanza o se supera el 2,5% del polen total anual y finaliza el día que se obtiene o se sobrepasa el 97,5% de total.

Para la mayor parte de los tipos polínicos el PPP se ha establecido en base al año oficial (enero a diciembre), pero para algunos taxones cuyo periodo de floración transcurre en otoño e invierno (tipo Cupressaceae, tipo *Mercurialis* y tipo Urticaceae), con el propósito de obtener un PPP completo, se ha tomado un periodo de doce meses comprendido entre septiembre de un año y agosto del siguiente.

Finalmente, los resultados correspondientes al PPP se muestran en una tabla resumen en la que aparecen la fecha de inicio y fin del periodo de polinación, así como la duración del PPP, la fecha y valor del día pico entre otros parámetros.

3.4.3. Variación estacional

Para mostrar la evolución tanto de los **niveles de polen** total como de cada uno de los tipos registrados a lo largo de los diferentes años de estudio, se ha optado por la representación de las concentraciones medias diarias para cada uno de los años, junto con la media móvil de cinco días. También se han calculado los índices polínicos mensuales y anuales, así como una media de los cuatro años estudiados de las concentraciones medias semanales para así tener una imagen con picos más suavizados y una visión más global del comportamiento aeropolínico de la zona. Para las medias semanales se han utilizado las semanas de 7 días presentes en los calendarios, ya que de ese modo es más sencillo su seguimiento y localización de fechas concretas.

Cabe mencionar, que en el año 2000 no se disponen de los datos de enero y la primera quincena de febrero debido a que el muestreo no comenzó hasta mediados de febrero.

Para los **tipos esporales** más relevantes (que superasen el 1% del índice polínico anual como media) y para las esporas totales se han realizado gráficas con los índices esporales anuales y mensuales, así como la representación de las concentraciones medias diarias para cada uno de los años. También se ha procedido a la descripción tanto del hongo como de la espora, así como una breve referencia en cuanto a su hábitat, patogenicidad y otros datos de interés.

El resto de los tipos esporales menos frecuentes se han dividido en dos grupos:

- Un índice esporal anual medio superior a 100 en el que se representan gráficamente los índices esporales anuales y mensuales, así como las concentraciones medias diarias junto con una breve descripción de la espora.

- Un índice esporal anual medio inferior a 100 que se muestran en una tabla en la que aparece la clasificación taxonómica, la presencia/ausencia en cada uno de los meses y el índice anual medio expresado en rangos.

Cabe mencionar, la falta de datos durante los primeros siete meses del año 2001 (Sala del Belén) ya que el comienzo del muestreo no tuvo lugar hasta el 1 de agosto. Por ese motivo y para una mejor comparación de los datos, sólo se han tenido en cuenta los registros de años completos, excluyendo los recuentos parciales del año 2001.

3.4.4. Variación intradiaria

Para este estudio se han seleccionado los taxones con mayor incidencia en el aire. En el caso de los **tipos polínicos**, al igual que para el establecimiento del PPP, se han escogido los diez primeros en orden de abundancia que, o sobrepasan el 1% o están muy próximos a éste.

Con la finalidad de establecer los niveles de polen a lo largo de las 24 horas del día, se han tomado los datos hora por hora de los días libres de precipitaciones, en su caso, y cuya concentración media diaria igualase o superase el promedio de las concentraciones medias diarias de los días incluidos en el PPP. Para los taxa cuyo PPP corresponde a parte de dos años, se ha partido dicho PPP, reunificando los valores de un mismo año, para conservar los datos de los cuatro años, incluyendo además una serie de datos de los años extremos 2000 y 2003 que pertenecerían aproximadamente al PPP hipotético en caso de tener datos del año precedente y posterior, respectivamente.

Los datos han sido expresados en porcentajes acumulados de 2 horas para así poder comparar la distribución horaria de los niveles de los diferentes taxa, aunque las concentraciones alcanzadas en el aire difieran entre sí.

También, se ha procedido al cálculo del IDI (Índice de Distribución Intradiurna) (Trigo *et al.*, 1997).

En el caso de los **tipos esporales**, sólo se han realizado estudios de variación intradiaria de los tipos principales, representando los valores medios obtenidos de los años muestreados.

En el caso de las esporas se observó un comportamiento más irregular con la presencia, en muchas ocasiones, de picos de gran magnitud en días puntuales que podrían distorsionar el patrón intradiario general de la mayor parte de los días. Por ese motivo, además de la metodología empleada para los granos de polen (en este caso denominada metodología 1) se aplicó una segunda metodología en la que los porcentajes finales de las diferentes franjas horarias son el resultado de la suma de los porcentajes parciales horarios de cada uno de los días, en lugar de la suma de las concentraciones horarias como en el método anterior. De este modo se evita la mayor influencia que pueda tener un

sólo día en el que los niveles esporales hayan sido anormalmente elevados. Finalmente, se procedió a la comparación entre las dos metodologías aplicadas.

3.4.5. Análisis estadístico

Diferencias interanuales

En primer lugar se analizaron las diferencias interanuales en las concentraciones para los **tipos polínicos** importantes. Para ello, se seleccionaron las muestras procedentes del periodo principal de polinación coincidentes en todos los años y tras un análisis de la Normalidad de los datos con el test de Kolmogorov-Smirnov se procedió a la comparación de las medias mediante el test estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis, prueba para más de dos muestras independientes para la que no es necesario que se cumpla el supuesto de Normalidad y de homogeneidad de varianzas. En este caso se contrastó la hipótesis nula que afirmaba que las poblaciones de las que procedían las muestras eran idénticas, es decir, que ninguna de las muestras presenta valores más bajos o más altos que las demás. Para los contrastes significativos (rechazo de la hipótesis nula), se procedió a la aplicación de otra prueba estadística para buscar y concretar la causa de la significación. Para ello y suponiendo un “n” lo suficientemente alto para tolerar una cierta no Normalidad de las muestras, se utilizó el test de Turkey o el de Games-Howell según se cumplía o no el supuesto de homogeneidad de varianzas, respectivamente. Para comprobar esto último se recurrió a la prueba de homogeneidad de varianzas con un contraste mediante la prueba de Levene. Además de esto, se crearon subgrupos homogéneos a través del método Turkey tengan o no varianzas homogéneas ya que el método de Games-Howell no lo permitía.

Finalmente, para comparar distribuciones se recurrió al test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes en el que se detectan las diferencias, si las hubiese, en la forma y situación de las distribuciones a través del cálculo de las distribuciones acumuladas.

En el caso de las **esporas**, también se han estudiado las diferencias interanuales para los tipos más importantes, empleando las mismas herramientas estadísticas que en el análisis de las concentraciones polínicas, aunque para el periodo anual completo.

Análisis de correlación

Con el objetivo de ver las posibles relaciones existentes entre los parámetros meteorológicos (temperatura media, máxima y mínima, precipitaciones y vientos) y las concentraciones de **polen** se ha empleado el análisis de correlación de Spearman, prueba no paramétrica que sustituye al análisis

de correlación de Pearson cuando las muestras de una variable no se ajustan a una distribución Normal.

La Normalidad de los datos se ha analizado con el test de Kolmogorov-Smirnov.

Para analizar el grado de asociación de las concentraciones polínicas con los vientos, dado que sólo se poseen los datos puntuales de cuatro horas, se han correlacionado estos valores con el número de granos de polen correspondientes a esa misma hora. Con el fin de evitar errores debidos a variaciones de los niveles polínicos por otras causas tales como horas de insolación o temperatura, en el caso de que los tipos polínicos tengan un IDI elevado, es decir, una gran heterogeneidad en la distribución intradiaria, sólo se utilizarán datos de una misma hora, teniendo así 4 correlaciones, una para cada dato de velocidad y dirección del viento recogidos en la estación meteorológica a las 00h, 07h, 13h y 18h con los niveles de polen a esas mismas horas, respectivamente.

Además, en el caso de las **esporas** más relevantes de la Sala del Belén también se estudió la posible asociación entre la concentración de esporas y la humedad relativa en el interior de la cueva.

Análisis de regresión

En relación con el análisis de dependencia de la concentración de polen en función de diversas variables, no sólo se han tenido en consideración los parámetros meteorológicos, mostrando las ecuaciones obtenidas con las precipitaciones y el modelo con la temperatura que obtuvo el mejor ajuste, sino que además se han realizado análisis de autocorrelación con las concentraciones de polen.

La toma de datos diarios de concentración polínica ha generado una secuencia de valores observados a lo largo del tiempo y ordenados cronológicamente, lo cual no es más que una serie temporal. De modo que si a esta serie de datos se le aplica un análisis de autocorrelación podremos estudiar la estructura que genera dicha serie temporal, es decir, el grado en el que influyen las observaciones del pasado en las observaciones del futuro.

Así, en primer lugar se realizaron autocorrelogramas simples para ver la existencia de asociaciones entre los diversos valores observados de la misma serie que están distanciados entre sí por diferentes lapsos de tiempo, estableciéndose un número n de correlaciones entre un valor tomado en un tiempo t y el valor de $t-1, t-2, \dots, t-n$. De este modo se obtendrán una serie de coeficientes de autocorrelación (cuyos valores oscilan al igual que en las correlaciones entre -1 y 1), representados en un diagrama de barras, con los diferentes retardos empleados que nos indicarán la mayor o menor asociación existente entre los valores de un día con los del día previo, o con el de dos días antes, etc. Para detectar los valores estadísticamente significativos se empleó un intervalo de confianza del 95%. Asimismo, también se realizaron autocorrelogramas parciales que establecen correlaciones entre

parejas de valores separados por una determinada distancia de tiempo pero eliminando el efecto debido a la correlación producida por retardos anteriores intermedios entre dicha pareja de valores.

Si el contraste resultó significativo, se prosiguió con un análisis de regresión lineal simple, eligiendo el retardo con un coeficiente de autocorrelación mayor como variable predictora para ver el grado de dependencia de las concentraciones con las detectadas en los días anteriores, que define en cierta forma el estado fisiológico en el que se encuentra la planta en un momento concreto (proceso de esporogénesis, dehiscencia de anteras y liberación del grano de polen, agotamiento floral).

Otra variable independiente que se tuvo en cuenta fue la D-media (Recio *et al.*, 2002b), en la que se estableció la correlación existente entre el valor de la concentración media de un día con la media obtenida con los valores para ese mismo día (según calendario) en los diferentes años estudiados, de modo que al igual que con la variable anterior, si se obtuvo una correlación estadísticamente significativa se continuó con el análisis de regresión.

Finalmente, se desarrolló una regresión múltiple por pasos que englobó las variables independientes que explicaron el mayor porcentaje de varianza de la concentración polínica.

Para la realización de una regresión, una de las premisas que deben ser cumplidas es la de la Normalidad de los datos. Por regla general, la concentración de polen no muestra una distribución Normal, por lo que los datos deberían ser transformados. Sin embargo, debido muchas veces a la dificultad de interpretación de los datos transformados, volvemos a transformarlos en su escala original cometiendo un error que no se puede predecir y produciendo modelos que se ajustan menos a los datos observados, pese a su mayor R^2 , en relación con la ecuación obtenida para los datos sin transformar (Toro *et al.*, 1998). Por ese motivo en este estudio se ha optado por la no transformación de los datos polínicos a pesar de la ausencia de Normalidad.

3.4.6. Calendario polínico

Los calendarios polínicos de una determinada región deben construirse con los muestreos realizados en un periodo comprendido entre 5 y 10 años para evitar fluctuaciones provocadas por acontecimientos anecdóticos ocurridos en un año concreto. De todos modos, hemos considerado que cuatro años son suficientes, si bien no para absorber toda la variabilidad del comportamiento aeropolínico medio del entorno, sí para tener una buena aproximación a éste.

El modelo de calendario polínico utilizado se basa en el expuesto por Stix *et al.* (1974), en el que se realizan las medias decenales, a las que se les asigna una serie de clases representadas por columnas de altura creciente con rangos definidos, que se observan en la figura 3.6.

Los niveles que se muestran son el resultado de la media decenal de los valores de los cuatro años de estudio, excepto para el periodo del 1 de enero al 15 de febrero y días puntuales en años concretos, que por ausencia de datos, se ha realizado la media de 3 años. Se han representado los taxones cuya media decenal supera el valor de $1\text{grano}/\text{m}^3$, ordenándolos según la fecha de aparición de sus picos máximos.

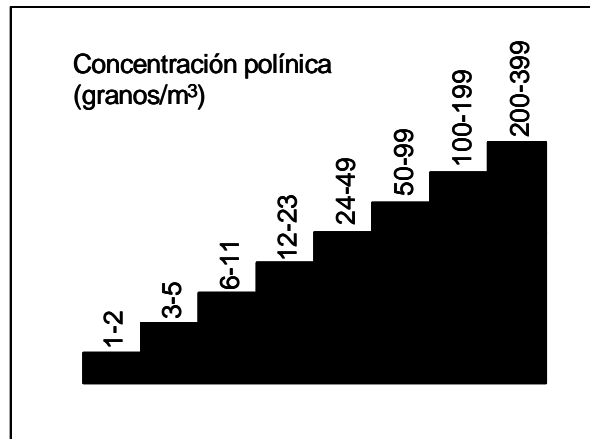


Fig.3.6. Rango de las clases utilizadas para la representación de las concentraciones medias decenales en el calendario polínico.

3.4.7. Estudio comparativo

Para ver si existía una distribución homogénea de las **esporas en la cueva**, se realizó un breve estudio comparativo, tanto cualitativo como cuantitativo, con los datos de un **segundo captador** situado en una zona mucho más interior y alejada de la influencia del exterior.

Para ello, aunque ambos captadores muestrearon de manera ininterrumpida, para este estudio comparativo sólo se tomaron los datos de 1 día a la semana. Al ser un lugar de interés turístico, la cueva recibe diariamente un número de visitas muy considerable que alteran el medio interno y, como permanece abierta todos los días del año, decidimos realizar la toma de datos con un intervalo temporal de 8 días, en lugar de 7, para tener muestras de lunes a domingo y así evitar un posible sesgo al emplear siempre el mismo día de la semana. De este modo se tuvieron en cuenta las concentraciones medias diarias de los días coincidentes de los años completos y comunes, que en este caso fueron los años 2004 y 2005. Este estudio se acompaña de un análisis estadístico en el que se indaga la existencia de cierto grado de asociación entre las concentraciones de esporas de ambos captadores mediante un análisis de correlación de Spearman, así como un estudio comparativo de medias y distribuciones para los cuales se emplearon los test no paramétricos de 2 muestras de Wilcoxon y Kolmogorov-Smirnov, respectivamente.

Por otra parte, al no ser un medio totalmente aislado hemos comprobado la presencia de **polen en el interior** cuya procedencia no puede ser otra que el medio externo y así, comparar las concentraciones para hacer una estimación del porcentaje de estas partículas biológicas que entran al interior de la cueva por la renovación del aire con el exterior. En este análisis se utilizaron los datos de polen total diarios y mensuales obtenidos en el exterior y en la Sala del Belén durante los años de muestreo coincidentes (2002 y 2003).

Además del polen también se procedió a la comparación de las concentraciones de dos **tipos esporales** (*Cladosporium* y *Alternaria*) con los niveles alcanzados por esos mismos tipos en el **exterior** de la cueva. Para esto, se utilizaron los valores medios diarios de los años 2002 y 2003 y se sometieron al mismo análisis estadístico que el utilizado para la comparación entre los dos captadores interiores.

Finalmente, se representó el **gradiente** del total de esporas diarias y de los índices mensuales de los **tres captadores analizados**, estableciéndose una tasa, donde se le dio un valor de 1 al nivel hallado en el exterior (punto de origen), obteniéndose así en función de éste las tasas restantes, siempre con valores iguales o superiores a 0 (índice mensual S. Belén/índice mensual exterior e índice mensual S. Cataclismo/índice mensual exterior). Para esto, se tomaron los datos del año 2003, único en el que coincidieron los muestreos de los tres captadores y sólo los días para los que se realizaron los recuentos en la Sala del Cataclismo. Cabe destacar la ausencia de datos durante los primeros tres meses en la Sala del Cataclismo ya que el muestreo no dio comienzo hasta abril.

3.5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS CLIMÁTICOS

En principio, lo ideal sería que los datos se hubiesen tomado de la estación meteorológica situada a un metro escaso del emplazamiento del captador. Sin embargo, por los continuos fallos acontecidos en dicha estación, la ausencia de datos era tan elevada que imposibilitaba la obtención de una serie más o menos continua y completa de los diferentes parámetros que allí se registran, de modo que nos vimos obligados a tomar datos de la estación más próxima y con un registro más completo. La estación más cercana que cumplía con los requisitos anteriormente citados, es la que se encuentra en la Finca Experimental “La Mayora” ubicada a las afueras de Algarrobo. Está situada a una altura de 80 m sobre el nivel del mar y a 15 km de la estación de muestreo aerobiológico. Para dicha estación, la temperatura media anual, tomando una serie de 23 años (1967-1989), es de 18,4°C, mientras que la precipitación anual registrada es de 510,9 mm.

Los datos han sido proporcionados por el Centro Meteorológico Territorial de Andalucía Occidental y sólo hemos podido obtener información de los valores de las temperaturas medias, máximas y mínimas diarias, de precipitación y de velocidad y dirección del viento (4 medidas puntuales al día).

Las medidas realizadas de temperatura y precipitaciones se aproximan bastante a las medias de los datos que se poseen de la estación de la Cueva de Nerja. Sin embargo, consideramos que los datos de viento son más fluctuantes y tanto los de la zona de Nerja como los registrados en la estación de la Mayora pueden estar supeditados a la orografía del entorno, pudiendo no coincidir en el mismo espacio de tiempo. Por este motivo, aunque no se dispone de la serie completa (tampoco existente en la Mayora), se ha optado por utilizar los datos de viento de la Cueva de Nerja para evitar falsos resultados en el análisis estadístico.

Se han representado las temperaturas medias diarias junto a sus máximas y mínimas en grados centígrados, así como las precipitaciones, también diarias, en milímetros de cada uno de los años en los que el estudio exterior de polen fue realizado. Para tener una visión global de dichos parámetros durante este periodo, además se han calculado los valores medios diarios de estos 4 años, junto con el total de lluvias y la temperatura media anual.

Finalmente, se ha elaborado una rosa de vientos con los datos de los que se disponían que, aunque no son los más adecuados para dar un resultado exacto, sí nos permiten realizar una aproximación al comportamiento y al régimen de vientos existentes en la zona. Además de la rosa de vientos, resultado de la media de todos los datos durante el periodo de estudio, se han elaborado diferentes rosas de vientos para cada uno de los años, así como para las diferentes estaciones del año. Como la toma de datos no ha sido continua sino que sólo se posee información de cuatro momentos puntuales a lo largo del día, también se han realizado rosas de vientos con cada grupo de datos correspondientes a una misma hora de toma de muestras para ver si existen variaciones en la dirección del viento dependiendo de la hora del día. Para el paso de los valores ofrecidos por el centro

meteorológico a direcciones de viento se ha recurrido a un disco para su cifrado, dividido en 36 sectores abarcando 10° cada uno y agrupados en los diferentes puntos cardinales y puntos cardinales intermedios.

Además de los parámetros climáticos externos, también se tuvieron en cuenta los factores ambientales del interior de la Cueva de Nerja, en este caso para el estudio de las esporas, ya que a pesar de tratarse de una cavidad con aberturas tanto naturales como artificiales que la comunican con el exterior, las condiciones ambientales difieren de las condiciones externas como hemos descrito en el apartado de introducción.

En este estudio se cuenta con los valores diarios de humedad relativa de los años 2002 y 2003 de un aparato emplazado muy cerca del captador de la sala del Belén.

3.6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS EMPLEADOS

Tras los recuentos se procedió a la informatización de los datos y su incorporación en una base de datos para su posterior análisis. Para ello, se utilizó la aplicación informática Microsoft Excel XP, a la que también se recurrió para el diseño de los gráficos y la elaboración del calendario polínico.

Para el análisis estadístico de los datos, también se empleó el programa Microsoft Excel XP, además del programa estadístico SPSS 13.0 para Windows.

3.7. PRESENTACIÓN DE LA DISCUSIÓN

En este apartado con el fin de evitar una discusión demasiado extensa y un poco confusa se presenta un comentario general sobre los puntos y características más importantes de nuestro estudio, mientras que los aspectos más particulares de cada uno de los tipos polínicos o esporales se exponen tras los resultados de cada uno de los mismos. En el caso de las esporas, debido al elevado número de tipos identificados y a las pocas referencias bibliográficas existentes en ambientes interiores similares al estudiado, que sigan una metodología similar, para poder establecer una comparación entre éstas, nos pareció oportuno incluirlas solamente en los tipos más relevantes y realizar un comentario general del resto, destacando algunos tipos con mayor interés desde el punto de vista aerobiológico.

4. RESULTADOS



4.1. DATOS CLIMÁTICOS

4.1.1. Temperatura y precipitaciones

La temperatura anual media calculada para los cuatro años de estudios polínicos ha sido de 18,6°C, observándose, aunque no sea estadísticamente significativa por el escaso número de datos, una tendencia ascendente desde el año 2000, con una temperatura media anual de 18,1°C, hasta el año 2003 donde la temperatura media alcanzó casi los 18,8°C (Fig.4.1 y Tab.4.1). Por este motivo, la temperatura acumulada anual también ha sufrido un incremento cifrado en 228°C en el intervalo de estos cuatro años.

Pero si observamos el incremento de las temperaturas anuales mínima y máxima por separado, vemos que el aumento a lo largo de los años se debe fundamentalmente al ascenso de las mínimas, con un incremento estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) de 0,36°C por año, más que a las temperaturas máximas que no siguen una tendencia clara e incluso tienden a disminuir en los 3 últimos años. Como consecuencia, las oscilaciones entre las temperaturas máximas y mínimas se hacen cada vez menores, reduciéndose la diferencia entre ambas a lo largo de los años estudiados, con un descenso estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) de 0,30°C por año. Esta diferencia comprendida entre los 6 y 10°C y con una media de entre los 8 y 9°C, registró las menores oscilaciones, en el año 2003, en un rango de entre los 6 y los 8°C.

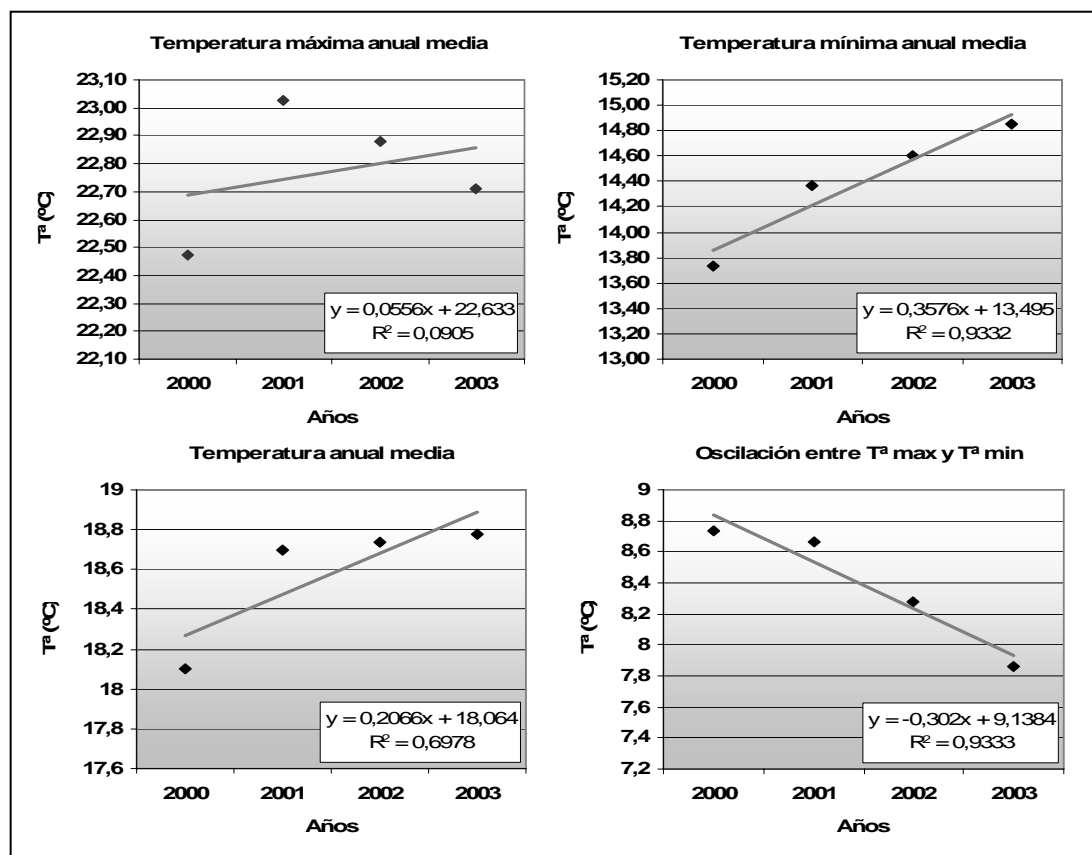


Fig.4.1 Evolución de las temperaturas medias, máximas y mínimas anuales, así como el rango entre las máximas y mínimas a lo largo de los años de estudio.

El mes de enero fue el más frío en todos los años, registrándose el mínimo en el año 2000, con una media mensual de 11,6°C y situándose entre 1 y 2°C por debajo de la media mensual de los restantes años estudiados. El mes más cálido fue agosto de 2003 con 26,4°C como media mensual, lo que supone un incremento de 0,7 a 1,9°C con respecto a los 3 años anteriores. En los restantes años también fue agosto el mes más cálido a excepción del año 2002, en el que julio superó la temperatura media de agosto en 3 décimas (Tab.4.1). Al analizar los datos de los diferentes años de un modo más detallado, se observó que la temperatura media diaria más elevada se registró el 12 de agosto de 2000 con 30,25°C y 37°C de máxima, mientras que el menor valor tuvo lugar el 15 de noviembre de 2001 con una bajada puntual e inusual de las temperaturas alcanzando solamente los 8,5°C de media y con una máxima de 11°C (Fig.4.2). Sin embargo, la temperatura mínima absoluta más baja fue detectada en enero del año 2003, en el que la temperatura descendió hasta los 4,5°C (11 y 13 de enero).

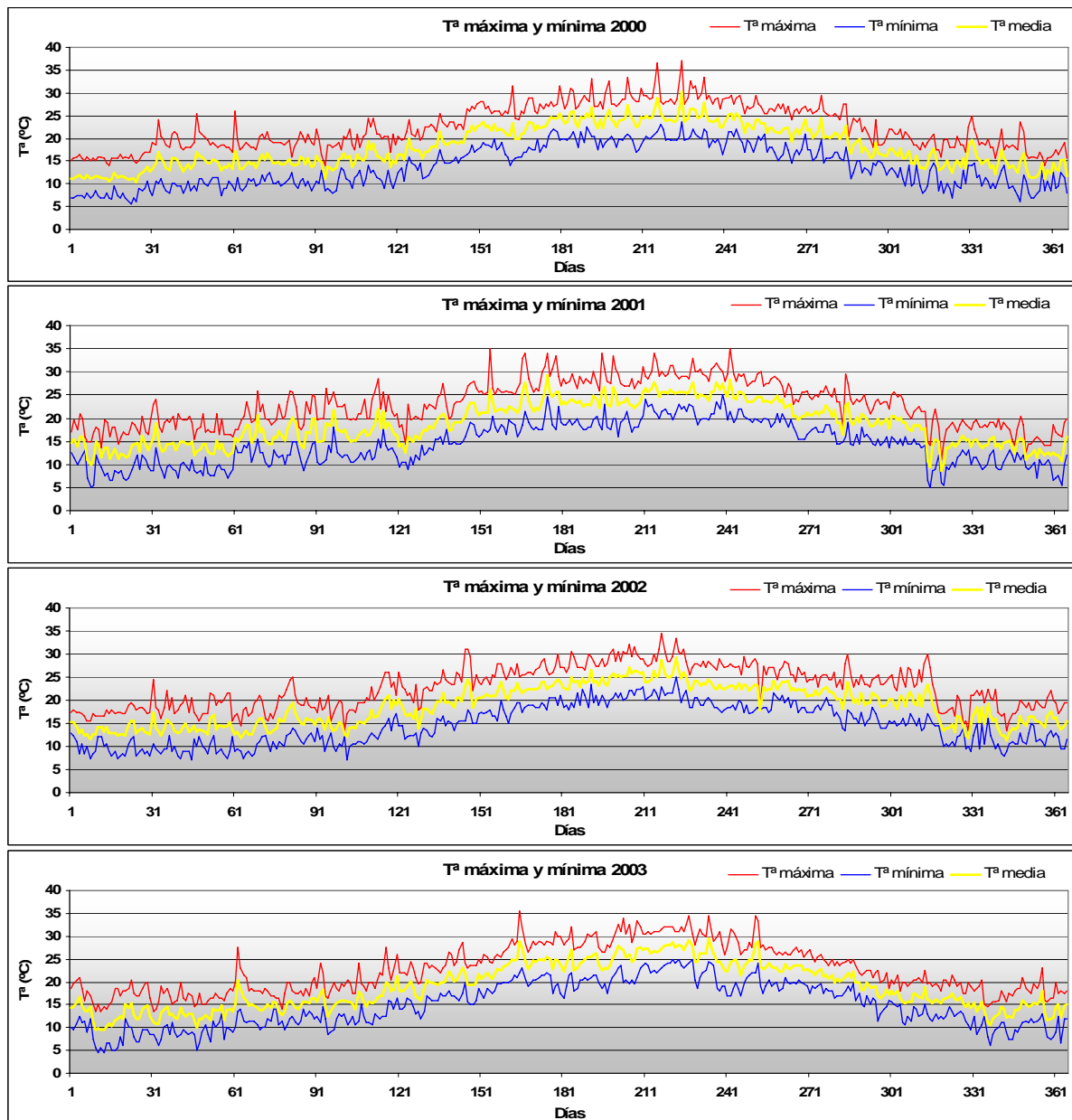
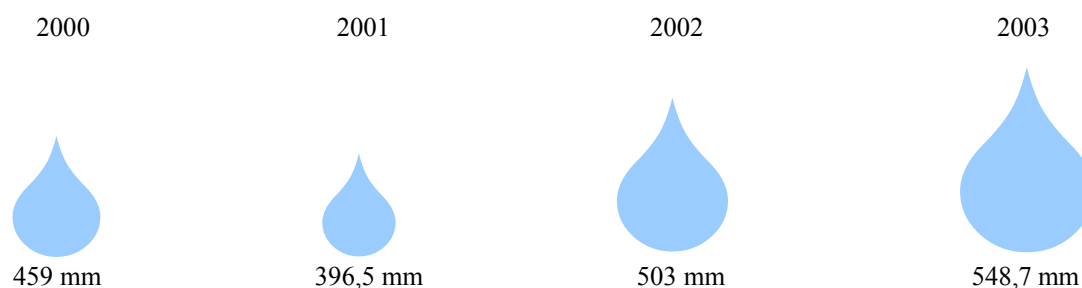


Fig.4.2. Evolución de las temperaturas medias, máximas y mínimas diarias durante los años 2000-2003.

Año	Tm (°C)	Tmax. (°C)	Tmin. (°C)	Max. Abs.(°C)	Min. Abs.(°C)	Amplitud térmica (°C)	Tmax.-Tmin. (°C)
2000	18,10	22,47	13,73	37 12/8	5,5 23/01	13,35	8,74
2001	18,70	23,03	14,37	35 3/06 y 30/08	5 8/01 y 11/11	12,35	8,66
2002	18,74	22,88	14,60	34,5 05/08	7 14/02 y 12/04	11,15	8,28
2003	18,78	22,71	14,85	35,5 14/06	4,5 11 y 13/01	13,65	7,86

Tabla.4.1. Resumen de los principales parámetros de temperatura durante los años 2000-2003.

A continuación se presentan las precipitaciones en milímetros de cada uno de los años. La media anual de lluvias ha sido de 476,8 mm, siendo el año 2001 el más seco con diferencia, registrándose un valor inferior a los 400 mm, mientras que el 2003 fue el más lluvioso con casi 550 mm.



Al igual que con la cantidad de lluvia acaecida en los diferentes años de muestreo, el número de días en los que se ha producido dicha lluvia también osciló de unos años a otros, aunque la divergencia interanual apenas fue relevante ya que con una media de 72 días y exceptuando el año 2003 en el que el número de días con lluvia mostró un incremento de poco más de 6 como media en relación a los restantes años, la diferencia máxima alcanzada entre estos fue de 3 días (Fig.4.3). En ambos casos se mostró una ligera tendencia al alza a lo largo de los años, aunque estadísticamente no significativa.

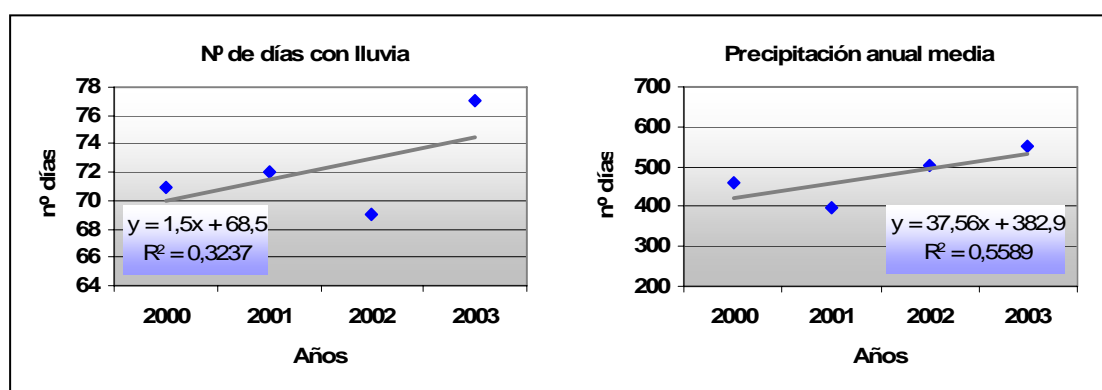


Fig.4.3. Número de días registrados con lluvias durante los años 2000-2003, así como la tendencia de las precipitaciones anuales medias durante ese periodo.

Los meses en los que se detectaron mayores índices de precipitaciones son los correspondientes al otoño y a la primavera. Aunque no existe coincidencia en el mes pico, en todos los años de estudio, éste se concentra en el periodo comprendido desde finales de septiembre hasta diciembre. Como se ha comentado con anterioridad, el año 2001 fue el que registró mayor escasez de lluvias, siendo, especialmente, abril el mes más seco del periodo normal de lluvias de esta región con poco más de 2 mm, frente a los 76 y 72 mm recogidos en 2002 y 2003, respectivamente, y los 117 mm de 2000. Durante los meses de junio, julio y agosto, como caracteriza al clima mediterráneo, no se produjeron precipitaciones significativas en ninguno de los años (Fig.4.4).

El reparto de las lluvias durante el otoño del año 2003 fue el más homogéneo de entre los años estudiados en este trabajo aunque, las precipitaciones suelen acontecer de forma torrencial, concentrándose el grueso de los niveles registrados en un espacio corto de tiempo que incluso puede llegar a ser de horas. Así, el porcentaje medio de días con lluvia en relación al total de días anual fue del 18,9 %. El día en el que se produjeron los mayores niveles de precipitaciones fue el 14 de noviembre de 2002 con 71,7 mm, lo que representa el 14,3 % de las lluvias totales anuales de ese año (Fig.4.5). El año 2002 a pesar de ocupar el segundo lugar por orden de abundancia de precipitaciones, éstas se acumularon en pocos meses, concentrándose en noviembre más del 42% de la lluvia anual y que junto a los meses de marzo, abril y diciembre, este porcentaje se elevó al 90%. Asimismo presentó el periodo de otoño temprano más seco de toda la época muestreada. Sin embargo, el año 2003, como se ha comentado anteriormente, fue el año con el pico de lluvia diaria menos acusado, superando apenas los 37 mm el 22 de abril (6,8 % del total anual).

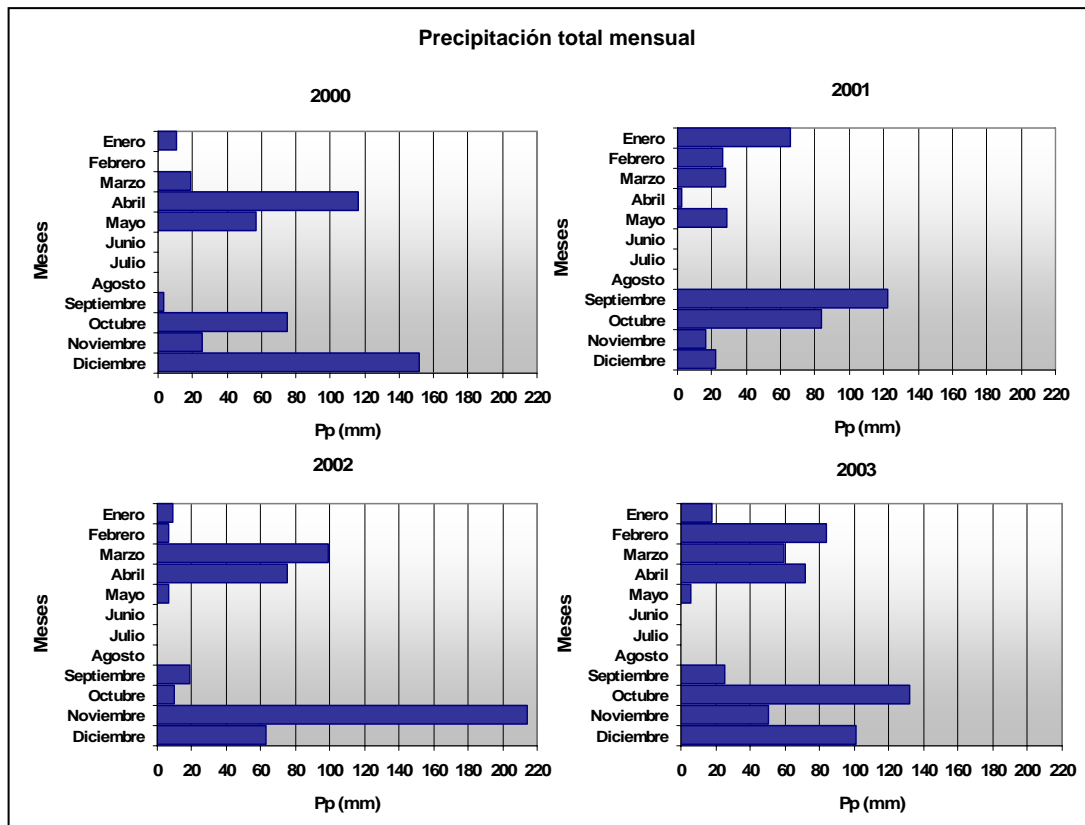


Fig.4.4. Sumas mensuales de las precipitaciones registradas en el periodo 2000-2003.

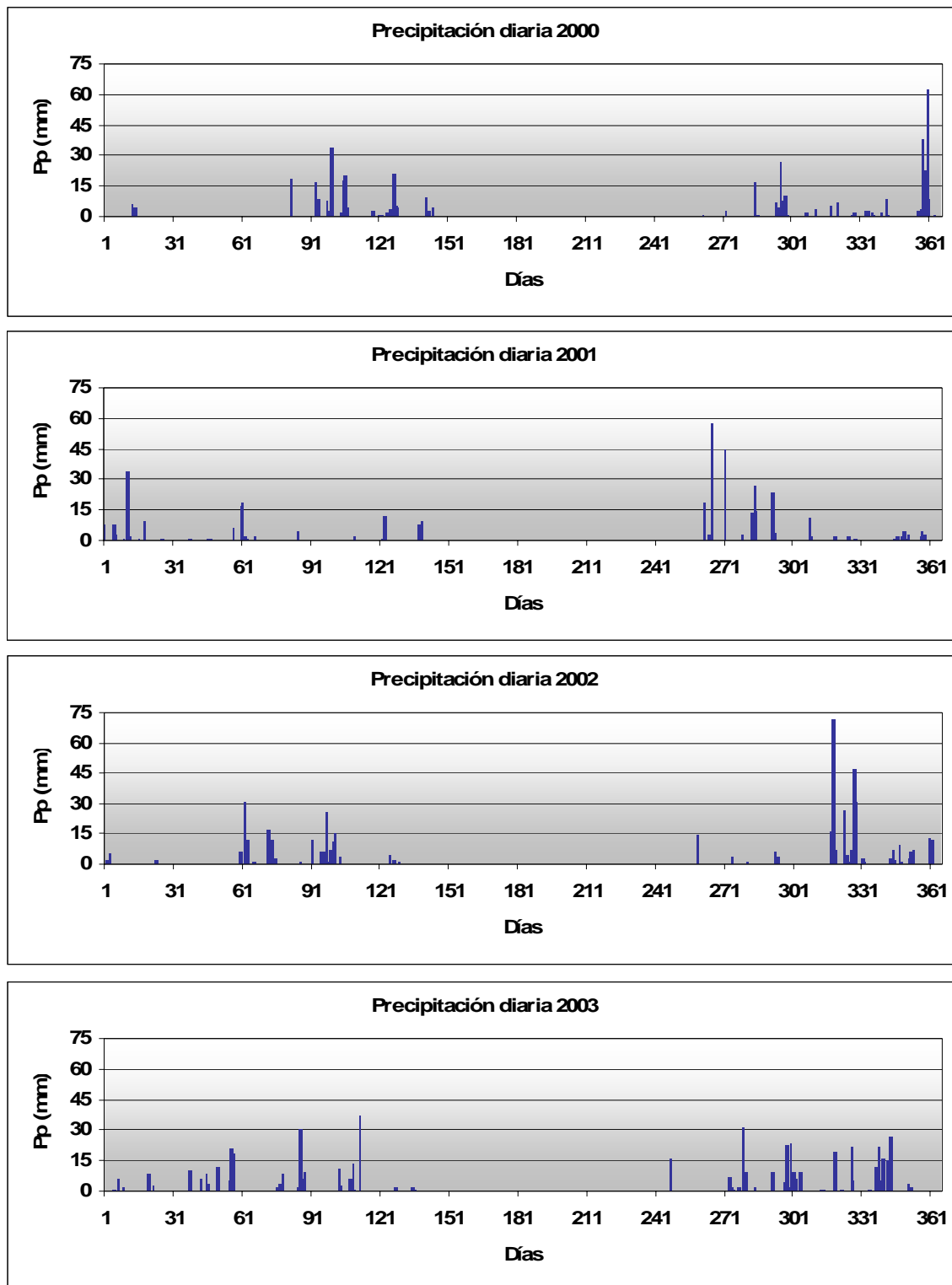


Fig.4.5. Evolución de las precipitaciones diarias a lo largo del periodo estudiado.

Como resumen de la distribución de las temperaturas y precipitaciones, en la figura 4.6 se muestran los valores medios diarios registrados durante el periodo de estudio. Los meses más cálidos y secos fueron junio, julio, agosto y septiembre, siendo agosto con una media de la temperatura media mensual de $25,4^{\circ}\text{C}$, el mes en el que se registraron las temperaturas medias diarias más elevadas. A

partir de este mes, se produce un descenso progresivo de las temperaturas alcanzándose el mínimo en enero con 12,8°C como temperatura media mensual. Aunque varía de un año a otro, la media de lluvias mensuales más elevada se obtuvo en el mes de diciembre, con 84 mm, seguido de los meses de noviembre y octubre, existiendo apenas una diferencia de 2 mm entre ellos.

En relación con los diferentes años estudiados, como ya se ha comentado previamente, se observó un incremento paulatino en la temperatura media anual, siendo el año 2003 el más cálido con 18,8 °C. Sin embargo, cabe destacar que ese mismo año registró el invierno más frío (13,5 °C) siendo compensado por el verano más caluroso de todos los estudiados, superando los 25 °C de temperatura media (Fig.4.1).

Por lo tanto, el año 2003, a pesar de ser el más húmedo y con mayor cantidad de precipitaciones acumuladas pre-primaverales, fue el que registró una temperatura acumulada pre-primaveral menor (1220 °C). Por el contrario, el invierno más cálido y en el que se alcanzó un valor de temperatura acumulada pre-primaveral más elevado fue el del año 2001 (14,6 °C y 1317 °C, respectivamente), pero aunque las lluvias previas a la primavera fueron relativamente abundantes, no fue así durante el periodo primaveral que fue el más seco de todos los años. Finalmente, aunque con un periodo pre-primaveral seco, la primavera del año 2000 fue la más lluviosa de estos cuatro años, concentrándose principalmente en el mes de abril y en mayo en menor medida.

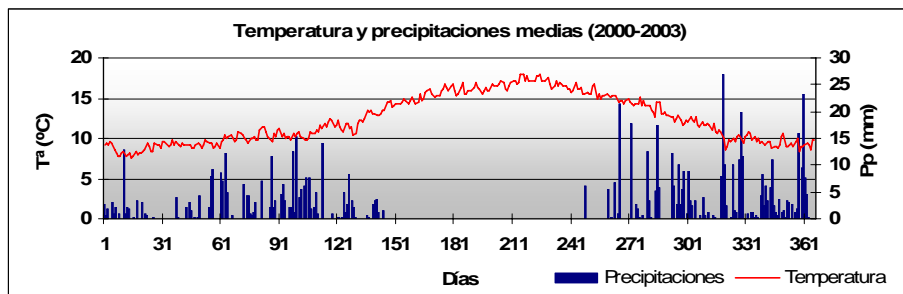


Fig.4.6. Media de las temperaturas medias diarias y de las precipitaciones diarias de los años 2000-2003.

4.1.2. Vientos

La dirección predominante del viento durante el periodo de estudio fue de componente norte aunque, también cabe destacar la componente sur, así como WNW y ENE (Fig.4.7). Al realizar las rosas de cada año vemos que la componente principal varía considerablemente ya que, mientras que en los años 2000 y 2001 el viento procedía en gran parte del sur, en el año 2002 casi la totalidad provenía del norte, siendo el año 2003 el que presentó un mayor equilibrio entre las componentes norte y sur (Fig.4.8).

La media del periodo de calmas representa el 14,36 % de los datos registrados. Sin embargo, al igual que sucede con la dirección del viento, existe una acentuada diferencia en los diversos años ya que en 2000, las calmas sólo alcanzan poco más del 7 % mientras que en 2003 superan el 22 %.

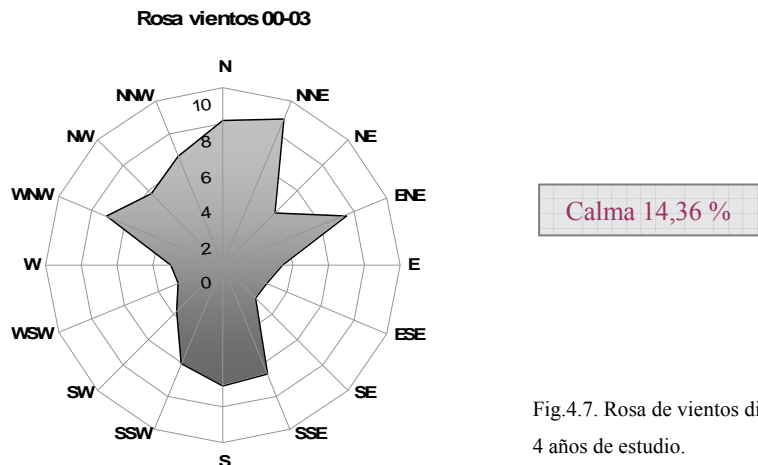


Fig.4.7. Rosa de vientos dividida en 16 sectores de la media de los 4 años de estudio.

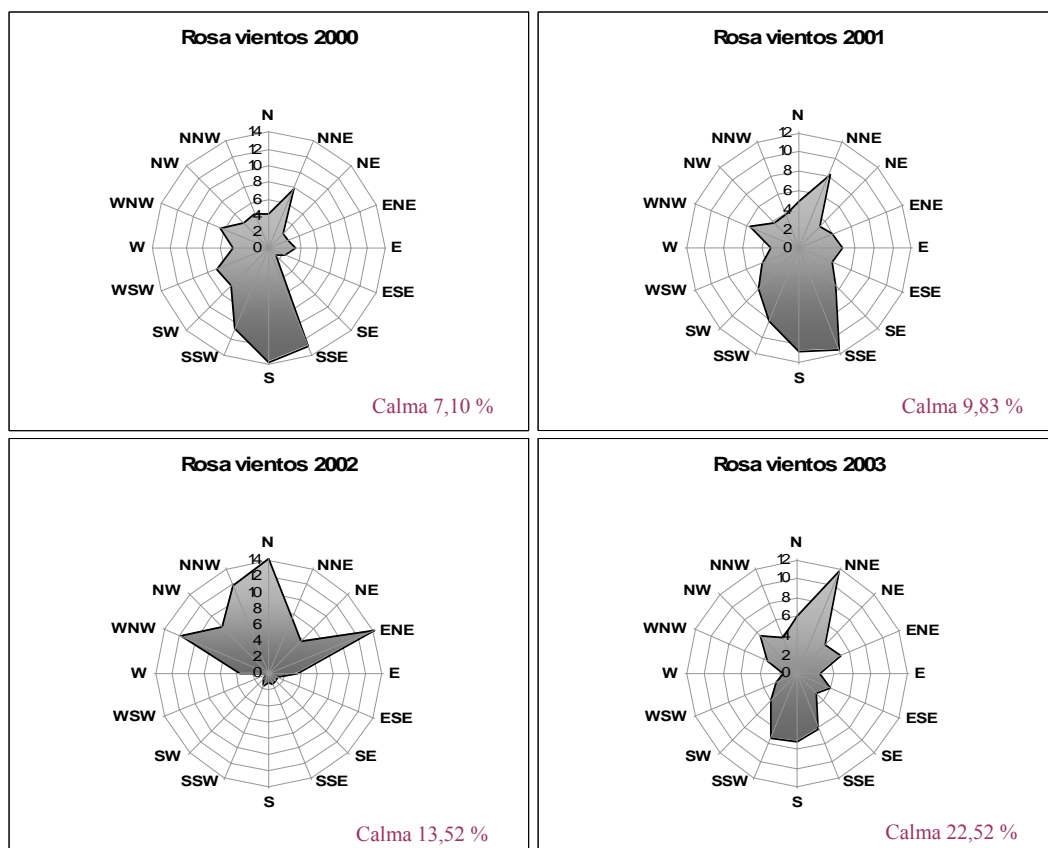


Fig.4.8. Rosa de vientos anual de 16 sectores.

Atendiendo a las estaciones del año, se observan diferencias en la dirección predominante del viento. Tanto el otoño como el invierno, además de ser el periodo con menos calmas, se caracterizan por presentar una componente mayoritariamente norte, mientras que en primavera y en verano se incrementa el viento procedente del sur, especialmente en el periodo estival (Fig.4.9).

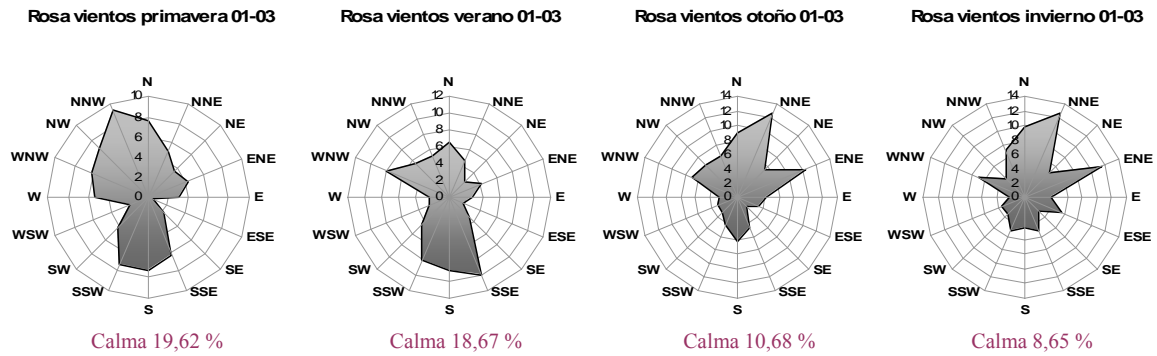


Fig.4.9. Rosas de viento de los diferentes periodos estacionales comprendidos en los años 2000-2003.

También encontramos diferencias entre las cuatro horas puntuales de toma de datos. A las 00 y 07h el viento procedente del norte presenta una clara dominancia mientras que a las 13h sucede lo contrario siendo el viento del sur el que predomina. A las 18h tanto el viento del norte como el del sur tienen una presencia considerable (Fig.4.10). En relación con el periodo de calmas, mientras que a las 7.00 h el porcentaje de calmas fue bastante elevado, a las 13.00 h se produjo el efecto contrario, apareciendo un valor mínimo. En las restantes horas, se registraron valores intermedios a los anteriores

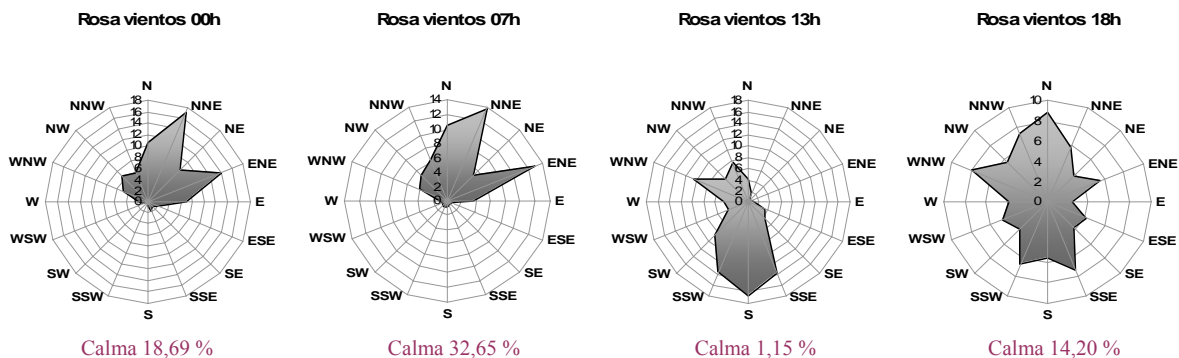


Fig.4.10. Rosas de viento elaboradas con la media de los datos de los cuatro años para cada una de las horas de medición.

4.2. DATOS POLÍNICOS

4.2.1. Polen total

Durante el periodo de estudio se recolectaron un total de 212.983 granos de polen. El año 2001 fue el que registró el mayor índice polínico, con un valor superior a 62.053, no existiendo importantes diferencias durante los 2 años posteriores ya que éstas apenas superaron el 2%. Los menores niveles se detectaron en el año 2000, en que no se llegó a alcanzar un índice anual de 34.000, probablemente, debido en gran parte, a la ausencia de datos de principios de año.

Asimismo, aunque el orden de los taxones más importantes en relación con su abundancia varían de un año a otro, sí se mantiene una constancia en los tipos polínicos más destacados siendo en todos los años *Pinus*, *Olea*, Cupressaceae, Urticaceae, Poaceae y *Quercus* los más relevantes, representando en conjunto una media del 87,6 % de la concentración total anual. El año 2001 y 2003 comparten el mismo orden en lo que a los cuatro primeros tipos polínicos se refiere, coincidiendo con la relación expuesta anteriormente. El año 2002 sólo tiene en común con los años anteriores los dos primeros tipos polínicos ya que el polen de Cupressaceae (tercero en orden de abundancia en 2001 y 2003) presentó una concentración menor que no superó ni el 10 % anual, frente al casi 16 % de los otros dos años. De cualquier modo, en todos los años de estudio, los dos primeros tipos polínicos fueron *Pinus* y *Olea* excepto en el año 2000 que fueron desplazados a un segundo y tercer lugar por Urticaceae con el 21,7 % de la concentración total anual (Fig.4.11).

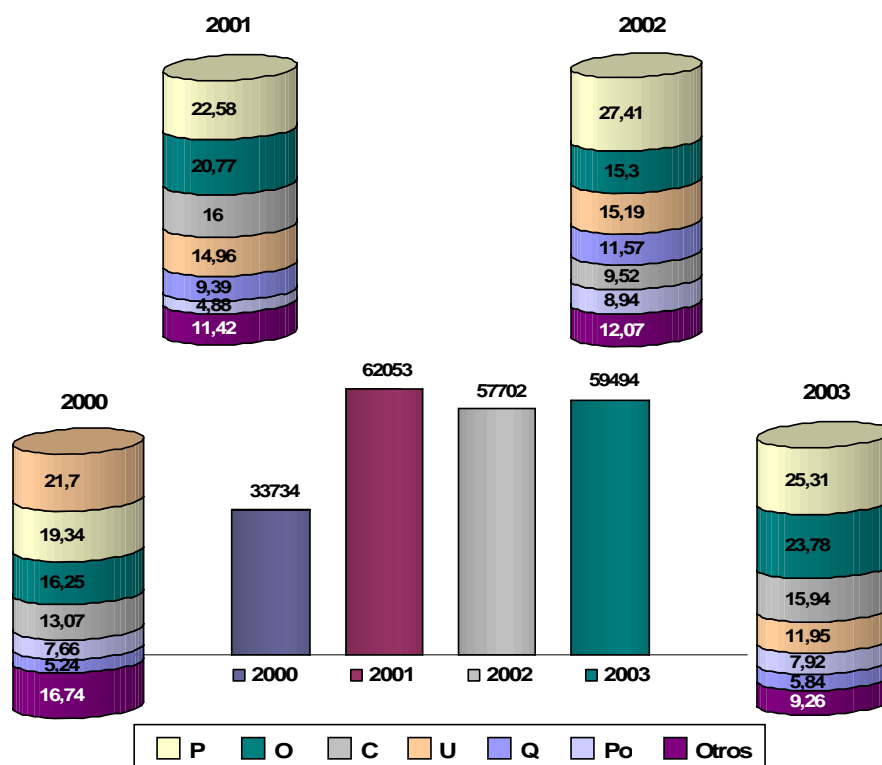


Fig.4.11. Índice polínico anual para cada uno de los cuatro años de estudio, así como el porcentaje de los tipos polínicos más relevantes dentro de cada año con relación al total anual. C tipo Cupressaceae; O tipo Olea; P tipo Pinus; Po tipo Poaceae; Q tipo Quercus; U tipo Urticaceae.

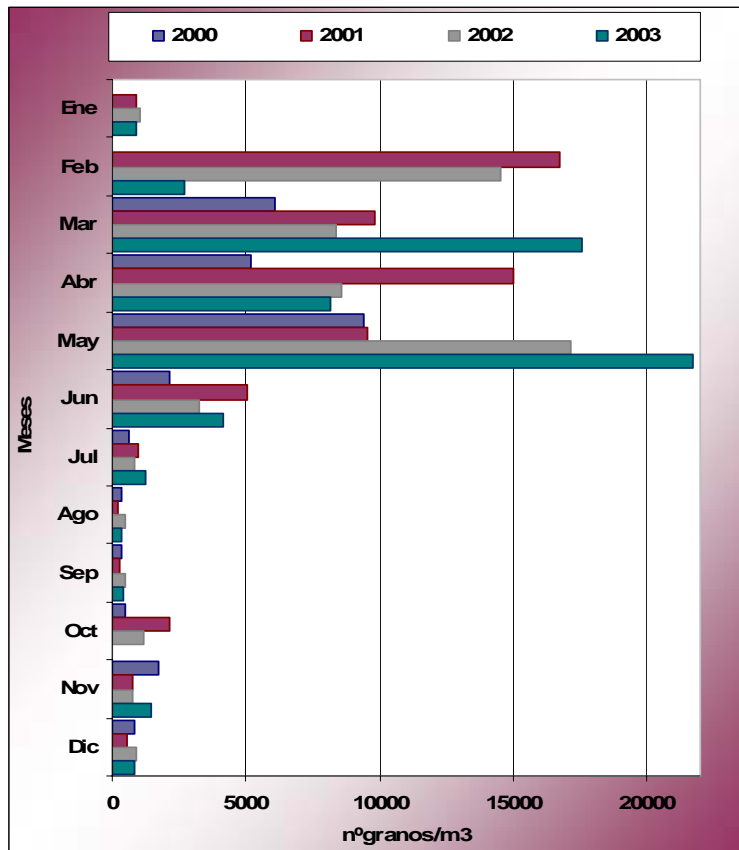


Fig.4.12. Sumas mensuales del polen total durante los años 2000-2003.

con un índice polínico mensual de 102, se coloca en el último lugar de los casi 47 meses estudiados (Fig.4.12 y Tab.4.2).

Si nos fijamos en las concentraciones polínicas medias diarias, observamos que los valores máximos se alcanzaron durante el mes de febrero, debidos principalmente al polen del tipo *Pinus*, en todos los años excepto en el año 2003, en el que el pico se produjo a finales de mayo con 2.198 granos/m³ de media diaria. A su vez, ese fue el pico de concentración máxima diaria de polen total registrado durante todo el periodo de estudio. A éste le siguieron los picos del año 2001, detectado el 11 de febrero con 1938 granos/m³ y el del año 2002 con 1.781 granos/m³, recolectados el 15 de febrero. Los niveles más elevados de polen durante el año 2000 apenas superaron los 1.100 granos/m³, acontecimiento registrado el 24 de febrero (Fig.4.13).

A pesar de que las cantidades máximas diarias de polen se registraron a principios de año, se puede apreciar otro incremento de las concentraciones a mediados de la primavera aproximadamente, producido fundamentalmente por los tipos *Olea*, *Quercus*, *Urticaceae* y *Poaceae*, con cierto adelanto en el año 2001 y cuyo pico, resultado de la media de los cuatro años, quedó situado a finales de mayo (vigésimo primera semana), teniendo en cuenta las medias semanales (Fig.4.14). En el año 2001, junto con el 2000, no fue posible observar un pico claramente definido ya que las concentraciones polínicas se distribuyeron de un modo más o menos homogéneo, aunque con subidas y bajadas a menor escala, a lo largo de un periodo largo de varias semanas e incluso meses. Este fenómeno queda más patentemente marcado en la representación gráfica de la media móvil de 5 días (Fig.4.13).

El pico medio máximo a principios de año se sitúa a finales de febrero, más concretamente en la séptima semana, produciéndose un descenso progresivo hasta mediados de abril (decimoquinta semana). A partir de este punto, las concentraciones comienzan a incrementarse de nuevo hasta el pico primaveral anteriormente comentado, donde nuevamente decaen, esta vez de un modo más brusco, para mantenerse en niveles mínimos hasta las últimas diez semanas aproximadamente, en las que se aprecia un ligero ascenso de los niveles de polen total detectados en la atmósfera del entorno de Nerja principalmente ocasionado por el polen de casuarina a principios del otoño y de ciprés, parietaria y artemisia a finales de año.

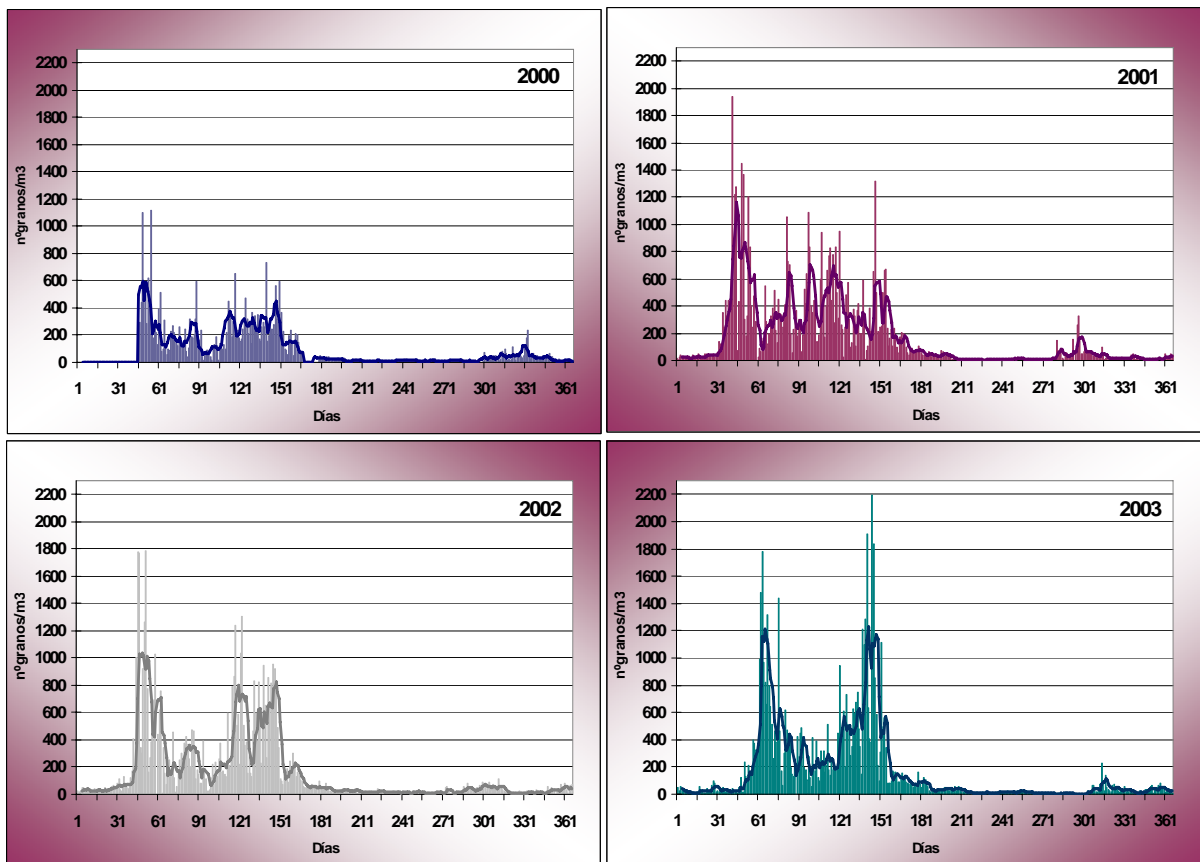


Fig. 4.13. Evolución de las concentraciones medias diarias (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

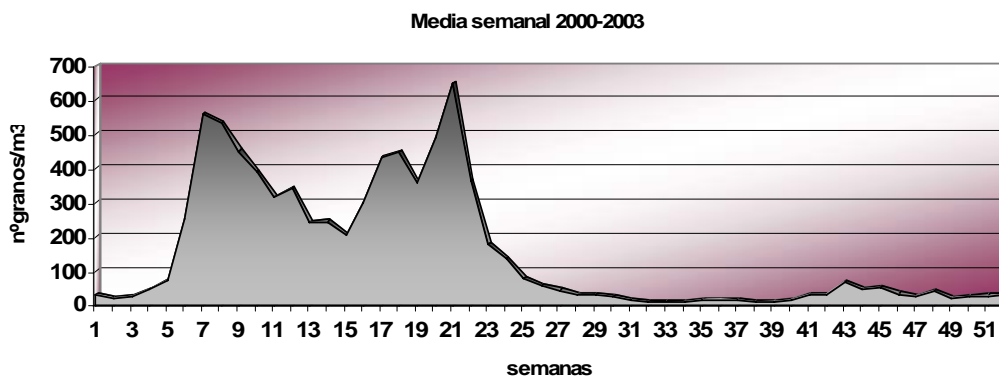


Fig. 4.14. Distribución de las concentraciones medias semanales (promedio 2000-2003).

A continuación se muestran los índices mensuales de los tipos polínicos identificados durante los años de estudio (Tablas 4.2.a-d).

2000	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total
<i>Alnus</i>	-	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Apiaceae	-	-	1	0	1	0	8	7	0	0	0	0	17
<i>Artemisia</i>	-	-	8	1	1	1	1	17	49	7	18	72	175
<i>Betula</i>	-	-	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Brassicaceae	-	-	34	12	9	15	5	0	0	1	0	1	77
<i>Cannabis</i>	-	-	0	0	1	6	15	3	0	0	0	0	25
<i>Castanea</i>	-	-	1	1	2	5	25	3	1	1	0	0	39
<i>Casuarina</i>	-	-	0	0	0	0	0	0	0	49	44	0	93
Compositae	-	-	9	13	11	18	17	9	2	4	3	0	86
Cupressaceae	-	-	1333	258	17	1	1	3	7	199	1362	248	3429
Cyperaceae	-	-	2	2	10	13	16	2	0	1	0	4	50
Chen.-Amar.	-	-	41	106	118	67	117	125	162	32	11	10	789
<i>Echium</i>	-	-	42	48	84	15	0	0	0	0	0	0	189
<i>Erica</i>	-	-	4	17	2	0	0	0	0	0	0	0	23
<i>Fraxinus</i>	-	-	4	1	0	0	0	0	0	0	3	8	16
<i>Juglans</i>	-	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ligustrum</i>	-	-	0	0	9	6	4	3	1	3	0	0	26
<i>Mercurialis</i>	-	-	102	115	46	5	0	0	0	0	3	25	296
Moraceae	-	-	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Myrtaceae	-	-	0	5	5	11	46	8	3	2	3	6	89
<i>Olea</i>	-	-	11	1446	3400	459	80	35	18	15	5	9	5478
Palmae	-	-	42	23	40	2	18	26	11	7	11	7	187
<i>Parietaria</i>	-	-	751	1293	3505	426	103	35	33	65	195	406	7081
<i>Parkinsonia</i>	-	-	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Pinus</i>	-	-	1544	288	94	64	19	13	11	9	3	2	2047
<i>Pistacia</i>	-	-	41	10	4	0	0	0	0	0	0	0	55
<i>Plantago</i>	-	-	134	453	438	123	15	6	5	0	0	1	1175
<i>Platanus</i>	-	-	76	2	0	0	0	0	0	0	0	0	78
Poaceae	-	-	721	219	905	414	52	41	9	10	8	1	2380
<i>Populus</i>	-	-	87	0	0	0	5	0	0	2	1	3	98
<i>Quercus</i>	-	-	774	466	359	132	21	12	0	0	2	0	1766
<i>Ricinus</i>	-	-	37	25	74	27	7	2	4	8	9	11	204
<i>Rumex</i>	-	-	30	97	168	23	0	4	0	0	0	1	323
<i>Salix</i>	-	-	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
<i>Typha</i>	-	-	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	6
<i>Ulmus</i>	-	-	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5
<i>U.mem</i>			33	72	50	6	0	0	0	0	0	4	165
Otros	-	-	210	183	80	309	54	3	37	47	27	40	721
Total	-	-	6111	5162	9434	2151	635	357	353	462	1708	860	27233

a.

2001	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total
<i>Alnus</i>	22	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
Apiaceae	0	0	0	7	6	23	14	2	4	9	3	0	68
<i>Artemisia</i>	45	24	3	0	0	0	2	16	47	10	32	113	292
<i>Betula</i>	0	2	4	5	3	1	0	0	0	0	0	0	15
Brassicaceae	8	16	20	53	9	7	5	0	0	0	0	0	118
<i>Cannabis</i>	0	0	0	2	0	47	12	1	0	0	0	0	62
<i>Castanea</i>	0	0	2	3	4	43	24	3	0	0	0	0	79
<i>Casuarina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	350	48	6	406
Compositae	1	3	16	51	17	35	22	11	10	8	1	3	178
Cupressaceae	146	3253	4236	422	85	41	9	1	3	1382	278	81	9937
Cyperaceae	6	1	2	7	17	32	11	0	1	24	15	6	122
Chen.-Amar.	8	18	52	117	74	126	75	66	117	47	30	15	745
<i>Echium</i>	0	2	6	14	15	10	1	0	0	0	0	0	48
<i>Erica</i>	0	25	33	102	84	7	1	1	0	0	1	0	254
<i>Fraxinus</i>	19	13	24	4	0	0	0	0	0	2	2	10	74
<i>Juglans</i>	0	0	0	15	2	0	0	0	0	0	0	0	17
<i>Ligustrum</i>	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	5
<i>Mercurialis</i>	92	239	335	53	9	5	1	0	0	12	20	55	821
Moraceae	3	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Myrtaceae	0	0	6	2	10	112	148	1	2	1	0	2	284
<i>Olea</i>	4	5	110	5998	4999	1570	120	34	16	19	13	6	12894
Palmae	1	11	91	109	8	9	16	12	3	12	13	7	292
<i>Parietaria</i>	443	603	1799	1394	1930	1368	280	13	27	156	258	225	8496
<i>Parkinsonia</i>	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	4
<i>Pinus</i>	20	12247	858	472	179	175	23	14	9	8	9	2	14016
<i>Pistacia</i>	0	8	245	175	7	0	0	0	0	0	0	0	435
<i>Plantago</i>	0	6	260	394	201	90	40	3	1	0	0	0	995
<i>Platanus</i>	0	13	94	9	2	0	0	0	0	0	0	0	118
Poaceae	6	20	196	722	1003	846	88	17	12	54	42	24	3030
<i>Populus</i>	2	30	56	1	0	0	0	0	0	0	0	0	89
<i>Quercus</i>	1	2	647	4366	642	117	32	4	1	4	8	4	5828
<i>Ricinus</i>	12	29	66	47	24	35	11	5	0	5	6	8	248
<i>Rumex</i>	1	13	66	206	94	50	9	0	0	0	1	0	440
<i>Salix</i>	5	15	10	2	0	0	0	0	0	0	4	2	38
<i>Typha</i>	0	0	0	0	2	12	6	0	0	0	0	0	20
<i>Ulmus</i>	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
<i>U.mem.</i>	28	88	404	199	45	7	1	0	0	0	1	15	788
Otros	15	63	169	49	92	269	30	0	15	36	4	0	742
Total	888	16769	9821	15000	9564	5044	981	205	270	2139	789	583	62053

b.

2002	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total
<i>Alnus</i>	12	24	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
Apiaceae	1	2	1	2	15	33	10	13	9	12	6	1	105
<i>Artemisia</i>	304	88	10	1	0	0	5	49	32	31	49	90	659
<i>Betula</i>	1	1	3	14	0	1	0	0	0	0	0	1	21
Brassicaceae	2	7	13	15	25	11	2	1	0	1	0	0	77
<i>Cannabis</i>	0	0	0	0	33	28	12	7	0	0	0	0	80
<i>Castanea</i>	0	0	0	0	8	44	34	4	3	0	0	0	93
<i>Casuarina</i>	6	4	10	1	0	0	0	0	92	150	23	17	303
Compositae	0	5	13	32	70	47	22	20	4	12	5	2	232
Cupressaceae	149	1184	2009	287	61	20	3	0	41	708	508	521	5491
Cyperaceae	3	7	5	4	22	19	8	2	2	1	0	0	73
Chen.-Amar.	18	33	57	83	172	131	105	91	102	34	15	7	848
<i>Echium</i>	5	10	20	83	176	26	4	1	1	0	0	0	326
<i>Erica</i>	0	0	5	8	25	5	0	3	0	1	0	1	48
<i>Fraxinus</i>	13	20	12	4	0	0	0	0	0	0	3	13	65
<i>Juglans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Ligustrum</i>	0	0	0	0	0	4	19	10	5	2	1	0	41
<i>Mercurialis</i>	103	113	174	84	18	2	0	1	2	2	4	20	523
Moraceae	2	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Myrtaceae	0	0	1	3	5	33	48	5	4	2	0	0	101
<i>Olea</i>	9	9	15	1119	6533	936	87	52	27	18	17	7	8829
Palmae	5	6	56	84	35	8	15	23	19	21	9	6	287
<i>Parietaria</i>	331	625	1369	2301	1943	748	216	97	48	99	62	200	8039
<i>Parkinsonia</i>	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	4
<i>Pinus</i>	3	11949	3041	391	214	113	41	24	13	14	5	7	15815
<i>Pistacia</i>	1	4	56	41	15	3	0	1	0	0	0	0	121
<i>Plantago</i>	1	12	127	660	633	105	42	27	8	4	1	2	1622
<i>Platanus</i>	0	10	62	3	0	0	0	0	0	0	0	0	75
Poaceae	23	154	746	388	3258	421	76	38	34	12	6	2	5158
<i>Populus</i>	1	50	126	6	0	0	0	0	0	0	0	0	183
<i>Quercus</i>	0	6	73	2579	3465	412	76	26	9	6	14	10	6676
<i>Ricinus</i>	7	21	29	40	39	31	14	4	5	18	14	12	234
<i>Rumex</i>	5	18	27	116	235	36	4	1	0	0	0	0	442
<i>Salix</i>	10	26	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	57
<i>Typha</i>	0	0	0	0	21	11	5	2	0	0	0	0	39
<i>Ulmus</i>	3	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
<i>U.mem.</i>	46	132	252	204	80	3	0	0	0	0	1	9	727
Otros	2	23	33	55	54	26	15	5	5	10	5	1	234
Total	1066	14561	8374	8613	17156	3258	863	510	466	1158	748	929	57702

c.

2003	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	total
<i>Alnus</i>	28	8	2	0	1	1	0	1	0	0	1	4	46
Apiaceae	0	0	1	16	13	33	14	8	5	3	2	2	97
<i>Artemisia</i>	35	65	13	5	0	3	3	9	35	0	21	98	287
<i>Betula</i>	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Brassicaceae	1	3	19	30	27	6	3	0	1	1	1	1	93
<i>Cannabis</i>	0	0	0	1	10	42	20	1	2	0	0	0	76
<i>Castanea</i>	0	0	0	0	4	167	31	0	1	0	0	0	203
<i>Casuarina</i>	3	0	1	0	0	0	0	0	3	8	25	3	43
Compositae	1	1	11	44	61	30	17	7	7	0	1	1	181
Cupressaceae	207	426	4116	2833	558	24	7	2	12	26	1087	184	9482
Cyperaceae	2	5	5	5	14	24	4	1	1	0	0	7	68
Chen.-Amar.	9	18	44	76	147	133	61	58	160	8	10	7	731
<i>Echium</i>	1	1	4	12	44	6	5	0	0	1	0	0	74
<i>Erica</i>	0	1	6	12	22	5	1	1	0	0	0	0	48
<i>Fraxinus</i>	13	13	9	6	2	0	0	0	0	0	14	12	69
<i>Juglans</i>	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Ligustrum</i>	0	0	0	0	0	4	60	2	0	0	0	0	66
<i>Mercurialis</i>	35	75	190	183	64	3	1	3	0	0	6	31	591
Moraceae	1	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Myrtaceae	2	1	0	11	3	123	104	3	3	2	0	0	252
<i>Olea</i>	7	4	16	959	11227	1501	257	74	41	17	20	25	14148
Palmae	6	1	16	52	44	14	27	21	14	2	9	8	214
<i>Parietaria</i>	434	267	726	1308	1948	919	322	38	30	9	181	418	6600
<i>Parkinsonia</i>	0	0	0	0	0	4	4	0	1	1	0	0	10
<i>Pinus</i>	8	1676	11688	657	736	188	56	23	17	6	3	3	15061
<i>Pistacia</i>	0	0	89	117	19	1	1	0	0	0	0	0	227
<i>Plantago</i>	1	2	98	290	435	66	29	13	4	1	3	0	942
<i>Platanus</i>	0	0	45	26	1	0	0	0	0	0	0	0	72
Poaceae	8	8	59	262	3710	456	118	38	26	8	9	11	4713
<i>Populus</i>	1	9	55	10	0	0	0	0	1	1	0	0	77
<i>Quercus</i>	11	3	40	832	2174	278	64	37	16	3	6	11	3475
<i>Ricinus</i>	8	13	20	40	80	40	11	0	3	3	17	15	250
<i>Rumex</i>	1	6	31	136	296	35	10	1	0	0	0	1	517
<i>Salix</i>	25	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
<i>Typha</i>	0	0	0	0	1	10	6	0	4	0	0	0	21
<i>Ulmus</i>	1	7	14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	23
<i>U.mem.</i>	16	35	196	180	69	2	1	0	0	0	0	8	507
Otros	10	16	21	31	41	25	5	0	6	2	8	7	172
Total	875	2668	17544	8151	21753	4143	1242	341	393	102	1425	857	59494

Tabla 4.2. (a-d). Índices polínicos mensuales y anuales registrados en Nerja para cada uno de los años.

d.

4.2.2 Tipos polínicos más relevantes

Seguidamente, se presentan los resultados de los tipos polínicos más destacados en la atmósfera de Nerja en función de la concentración alcanzada a lo largo del año. Aunque existen fluctuaciones de un año a otro, en base a la media del periodo estudiado, se han escogido los 10 táxones más abundantes que representan casi el 95% del polen total anual (Fig. 4.15).

Por orden de abundancia, en primer lugar aparece *Pinus* con más del 24% como media del polen total anual, seguido por el tipo *Olea europaea* con cerca del 20% y el tipo Urticaceae con un porcentaje superior al 15%. El polen de tipo Cupressaceae representó cerca del 14% del total anual, mientras que los tipos *Quercus* y Poaceae no superaron el 10%. Finalmente, los tipos *Plantago*, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Mercurialis* y *Rumex* fueron detectados en la atmósfera de Nerja en menor medida, representando en el mejor de los casos poco más del 2% como media del polen total anual.

Para facilitar su búsqueda individualizada, en los resultados expuestos a continuación, los diferentes tipos polínicos aparecen ordenados alfabéticamente en lugar de mostrarse por orden de abundancia, tal y como se aprecia en la relación anteriormente citada.

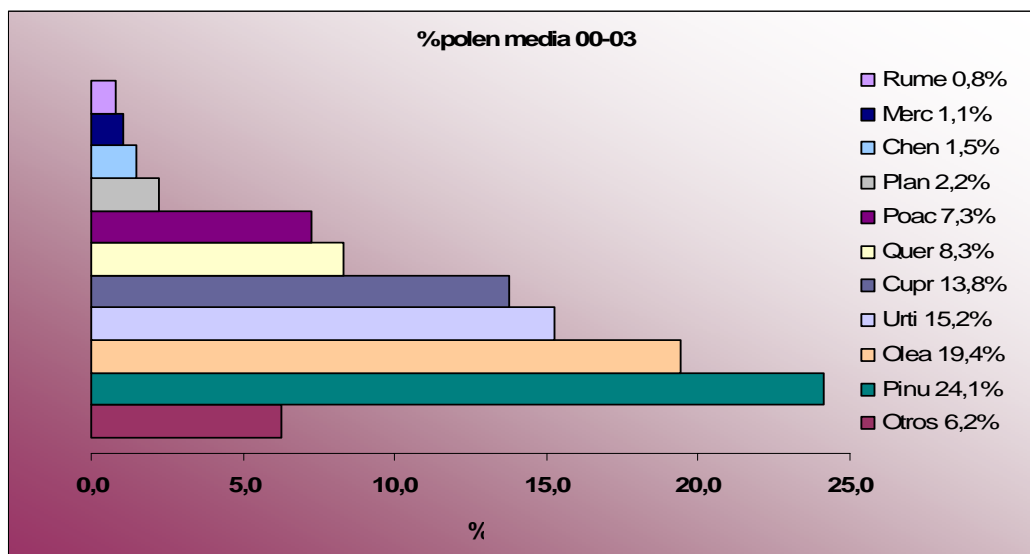


Fig.4.15. Porcentaje medio de los principales tipos polínicos en función del total anual de polen.

Diferencias interanuales

Previamente a la presentación detallada de los resultados obtenidos para cada uno de los tipos polínicos comentados, se muestran los resultados logrados tras la aplicación de diversas pruebas estadísticas para el estudio de la existencia o no de diferencias en la distribución de las concentraciones polínicas en los diversos años de estudio.

En la mayoría de los casos se obtuvo un contraste significativo en la prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, no pudiendo hallar en ningún tipo polínico una distribución Normal de las muestras en todos los periodos estudiados (Tabla 4.3). Por lo tanto, para el análisis de las concentraciones se utilizó el test estadístico no paramétrico para más de dos muestras de Kruskal-Wallis. Esta prueba mostró un contraste significativo para todos los tipos polínicos excepto en los casos de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Rumex* donde las diferencias observadas en los diferentes años no difirieron significativamente de éstas, que debidas al azar, se pueden encontrar dentro de una misma población (Tabla 4.4).

Los tipos *Quercus*, Cupressaceae y *Plantago* son los que mostraron mayores diferencias entre los diferentes periodos, con un contraste significativo para un nivel de significación de 0,001, siendo seguidos por *Olea* y Urticaceae, en este caso, con un contraste significativo para un α de 0,01.

En los tipos polínicos en los que se encontraron diferencias interanuales estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de varianzas (Tabla 4.5), supuesto necesario para la aplicación de otras muchas pruebas estadísticas. En este estudio, en todos los casos se hallaron contrastes significativos, siendo por lo tanto necesario, la utilización de la prueba de Games-Howell que no requiere varianzas de las muestras a comparar homogéneas.

Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Tipo polínico	N	Diferencias más extremas (absoluta)			
		2000	2001	2002	2003
Chenopod.-Amaranth.	214	0,190***	0,207***	0,185***	0,235***
<i>Olea</i>	51	0,206*	0,189NS	0,187NS	0,200*
<i>Pinus</i>	70	0,324***	0,335***	0,359***	0,276***
<i>Plantago</i>	90	0,152*	0,152*	0,216***	0,173**
Poaceae	90	0,236***	0,223***	0,285***	0,332***
<i>Quercus</i>	61	0,138NS	0,263***	0,172NS	0,164NS
<i>Rumex</i>	97	0,213***	0,208***	0,231***	0,254***

Tipo polínico	N	Diferencias más extremas (absoluta)		
		2000-2001	2001-2002	2002-2003
Cupressaceae	164	0,281***	0,305***	0,268***
<i>Mercurialis</i>	121	0,192***	0,210***	0,217***
Urticaceae	224	0,193***	0,247***	0,175***

Tabla 4.3. Resultados del test de Normalidad aplicado a los principales tipos polínicos para cada uno de los periodos muestreados. *0,01 < p ≤ 0,05 **0,001 < p ≤ 0,01 ***p ≤ 0,001 NS contraste no significativo.

Prueba de Kruskal-Wallis

Prueba de aleatoriedad de Levene

* $0,01 < p \leq 0,05$ ** $0,001 < p \leq 0,01$ *** $p \leq 0,001$ NS contraste no significativo

Tipo polínico	N	Chi-cuadrado	Tipo polínico	N	Estadístico de Levene
Cupressaceae	164	21,239***	Cupressaceae	164	15,734***
Chenopod.-Amaranth.	214	5,838 NS	Chenopod.-Amaranth.	-	-
<i>Mercurialis</i>	121	8,979*	<i>Mercurialis</i>	121	11,165***
<i>Olea</i>	51	13,690**	<i>Olea</i>	51	10,405***
<i>Pinus</i>	70	10,521*	<i>Pinus</i>	70	14,956***
<i>Plantago</i>	90	20,894***	<i>Plantago</i>	90	6,940***
Poaceae	90	11,067*	Poaceae	90	12,405***
<i>Quercus</i>	61	62,778***	<i>Quercus</i>	61	16,503***
<i>Rumex</i>	97	3,534NS	<i>Rumex</i>	-	-
Urticaceae	224	11,617**	Urticaceae	224	6,300**

Tabla 4.4. Diferencias interanuales en los principales tipos polínicos.

Tabla 4.5. Prueba de contraste para la homogeneidad de las varianzas de los diferentes periodos de muestreo.

Los años más homogéneos fueron los años 2000 y 2001, en los que sólo en el tipo *Quercus* se observó un contraste significativo, no apareciendo evidencias estadísticamente significativas en los restantes tipos polínicos que apoyen la existencia de diferencias entre las concentraciones de los dos años atribuibles a otras causas distintas a las del azar (Tabla 4.6). El año 2001 en relación a los años 2002 y 2003, tampoco mostró contrastes significativos en la mayoría de los tipos polínicos estudiados en este análisis (solamente en los casos de *Plantago* con el año 2002 y *Pinus* con el año 2003).

Sin embargo, si observamos los subgrupos generados, sí encontramos diferencias significativas en mucho de los casos entre el año 2001 y los años 2002 y 2003 constituyéndose fundamentalmente dos grupos; uno que engloba los dos primeros años y otro con los dos últimos. En el caso del tipo *Quercus*, debido a la heterogeneidad existente, incluso aparece un tercer grupo con los años centrales, aunque dadas las relaciones un tanto ambiguas entre los años, no se pueden establecer diferencias o similitudes fiables.

Además, el año 2002 para los tipos *Olea* y *Pinus* se situó en una posición un poco indefinida apareciendo relación con ambos grupos. Esto también se produjo con Poaceae pero siendo esta vez el año 2001 el implicado.

Finalmente, el tipo *Plantago* fue el que presentó una mayor homogeneidad entre los diferentes años sólo mostrando diferencias estadísticamente significativas entre el grupo formado por los años 2000, 2001 y 2003 con el año 2002.

Games-Howell (diferencia entre medias)						
	2000-2001	2000-2002	2000-2003	2001-2002	2001-2003	2002-2003
<i>Olea</i>	-65,784NS	-73,922*	-168,627***	-8,137NS	-102,843NS	-94,706NS
<i>Pinus</i>	10,571NS	-56,157NS	-135,500**	-66,729NS	-146,171**	-79,343NS
<i>Plantago</i>	2,922NS	-4,267*	2,844NS	-7,189***	-0,78NS	7,111***
Poaceae	-9,933NS	-27,400**	-30,978*	-17,467NS	-21,044NS	-3,578NS
<i>Quercus</i>	-68,803***	-85,705***	-36,459NS	-16,902NS	32,344NS	49,246**

HSD de Tukey (alfa = 0,05) Subconjuntos homogéneos							
	2000	2001	2002	2003	p	p	p
<i>Olea</i>	89,180	154,96	163,10 163,10	257,80	0,207	0,061	-
<i>Pinus</i>	61,11	50,54	117,27 117,27	196,61	0,304	0,165	-
<i>Plantago</i>	12,18	9,26	16,44	9,33	0,275	1,000	-
Poaceae	17,44	27,38 27,38	44,84	48,42	0,773	0,178	-
<i>Quercus</i>	13,52	82,33 82,33	99,23	49,98 49,98	0,081	0,148	0,684

Tabla 4.6. Análisis de la homogeneidad interanual mediante comparaciones múltiples por parejas y establecimiento de subconjuntos dentro de cada tipo polínico. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Para evitar mayores dificultades en la exposición de los resultados se ha optado por el tratamiento independiente de los tipos polínicos cuyo periodo principal de polinación comprende una etapa que ocupa parte de dos años oficiales y cuyos resultados se presentan en la tabla 4.7. Ningún tipo presentó un patrón similar, acercándose más los tipos *Mercuriales* y *Urticaceae* con contrastes significativos entre el primer y último periodo. Sin embargo, las comparaciones entre las medias de las concentraciones de polen en el caso de *Cupressaceae* fueron no significativas entre el primer y último periodo, existiendo mayores diferencias con el periodo 2001/2002.

	Games-Howell (diferencia entre medias)			Subconjuntos homogéneos HSD de Tukey (alfa = 0,05)				
	00/01-01/02	00/01-02/03	01/02-02/03	00/01	01/02	02/03	p	p
<i>Cupressaceae</i>	34,640***	14,683NS	-19,957*	57,98	23,34	43,29	0,181	1,000
<i>Mercurialis</i>	1,967**	2,091**	0,124NS	5,97	4,00	3,88	0,978	1,000
<i>Urticaceae</i>	2,116NS	11,134**	9,018NS	39,61	37,49 37,49	28,47	0,75	0,865

Tabla 4.7. Análisis de la homogeneidad interanual mediante comparaciones múltiples por parejas y establecimiento de subconjuntos dentro de cada tipo polínico con un periodo PPP especial. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Al igual que con las concentraciones, en los tipos Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Rumex* tampoco se encontraron diferencias significativas al comparar las distribuciones entre los diferentes años (Tabla 4.8). Sin embargo, con los demás análisis se apreciaron ligeras diferencias. Los años que presentaron una distribución más similar fueron los años 2000 y 2002 apareciendo diferencias sólo en el tipo *Quercus* que mostró el mismo comportamiento interanual que con las concentraciones. Los tipos *Olea*, *Pinus* y Poaceae presentaron similitudes entre los dos últimos años, mientras que en *Plantago* se hallaron mayores divergencias en el año 2002, siendo más parecidas las distribuciones de los primeros dos años junto con la del año 2003.

Test de Kolmogorov-Smirnov (diferencias más extremas absolutas)						
	2000-2001	2000-2002	2000-2003	2001-2002	2001-2003	2002-2003
Chen-Amar	0,121NS	0,042NS	0,121NS	0,107NS	0,070NS	0,107NS
<i>Olea</i>	0,275*	0,255NS	0,412***	0,137NS	0,255NS	0,176NS
<i>Pinus</i>	0,114NS	0,100NS	0,257*	0,171NS	0,329**	0,200NS
<i>Plantago</i>	0,156NS	0,133NS	0,178NS	0,278**	0,044NS	0,300**
Poaceae	0,300**	0,200NS	0,144NS	0,122NS	0,244**	0,144NS
<i>Quercus</i>	0,508***	0,672***	0,492NS	0,213NS	0,131NS	0,295**
<i>Rumex</i>	0,134NS	0,093NS	0,113NS	0,082NS	0,093NS	0,093NS

Tabla 4.8. Análisis de las distribuciones presentadas por los diferentes tipos polínicos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

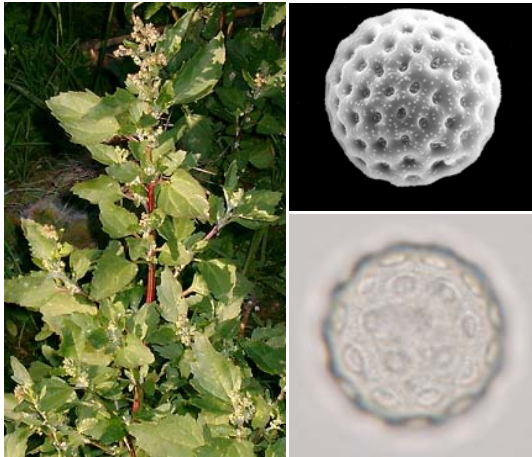
En relación con los tipos Cupressaceae, *Mercurialis* y Poaceae, mientras que el primero siguió el mismo patrón que en el caso de la comparación de medias, con mayores similitudes entre el primer y último periodo, los dos restantes presentaron menos variaciones entre los dos últimos periodos (Tabla 4.9).

Test de Kolmogorov-Smirnov (diferencia máx. abs.)			
	00/01-01/02	00/01-02/03	01/02-02/03
Cupressaceae	0,256***	0,104NS	0,177*
<i>Mercurialis</i>	0,174NS	0,182*	0,149NS
Urticaceae	0,138*	0,152*	0,080NS

Tabla 4.9. Análisis de las distribuciones presentadas por los diferentes tipos polínicos con PPP especial mediante el tes de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. * $0,01 < p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

4.2.2.1 Tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae

Morfología polínica



Polen polipantoporado, apolar, radiosimétrico, de circular a ligeramente elíptico en corte óptico y de tamaño pequeño a mediano ($D = 10-30 \mu\text{m}$). Las aberturas son simples, de tipo poro, muy numerosas y regularmente repartidas por toda la superficie del grano de polen, con un diámetro de hasta $3 \mu\text{m}$ y la membrana apertural granulada. Exina de $2-3 \mu\text{m}$ de grosor, con sexina más gruesa que la nexina en la mayor parte de los casos. Tectum completo; infratectum columelado, con columelas gruesas.

Superficie equinulada con espinas muy pequeñas y algunas perforaciones dispersas.

Especies más frecuentes: *Chenopodium album* L., *Ch. murale* L., *Amaranthus blitoides* S. Watson, *A. lividus* L., *Atriplex halimus* L., *Beta vulgaris* L.

Variación estacional

Este tipo polínico representa el 1,5% del polen total del periodo estudiado. Los índices anuales de polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae han oscilado entre los valores de 731, registrado en el año 2003, y 848 en el año 2002, siendo en los años pares donde se detectaron los índices polínicos mayores (Fig.4.16). Cabe destacar la presencia, aunque sea mínima, de este tipo polínico a lo largo de todo el periodo muestreado, aunque fue durante los meses de abril a septiembre, ambos inclusive, cuando se registraron las mayores concentraciones.

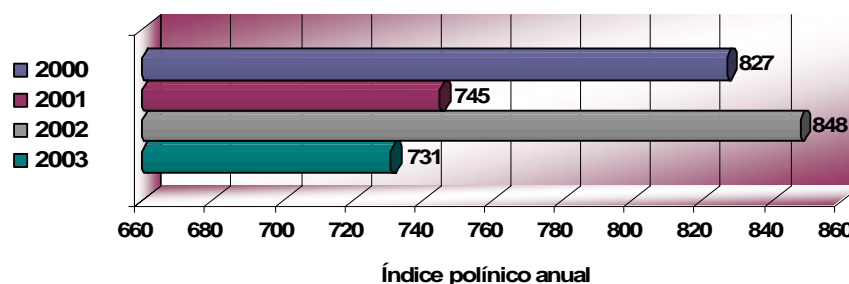


Fig.4.16. Índice polínico anual del tipo polínico Chenopodiaceae-Amaranthaceae para los años estudiados.



Fig.4.17. Índice polínico mensual del tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae durante los años 2000-2003.

En cuanto a lo que a distribución mensual se refiere, mayo de 2002 fue el mes que alcanzó el mayor índice mensual con un valor de 172, seguido por septiembre del primer y último año con 162 y 160, respectivamente. En el año 2001 fue junio el que registró el mayor índice polínico mensual con un valor de 117 (Fig.4.17). Por el contrario, el mes con un índice polínico mensual menor fue diciembre para todos los años excepto para el 2001, en el que fue enero el mes que presentó las concentraciones mínimas.

En relación a las concentraciones medias diarias detectadas del tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae no fue posible apreciar la presencia de un pico destacado, siendo dos, los periodos a lo largo del año donde se detectaron mayores concentraciones (Fig.4.18). El primero tuvo lugar durante la primavera, en el que no se observó un pico claro, sino que se produjeron pequeños altibajos con varios picos sucesivos. El segundo máximo de concentración, más acentuado, tuvo lugar durante la primera quincena de septiembre y en todos los casos excepto en el año 2002, coincidió a su vez con la concentración diaria máxima anual alcanzando los 16 granos/m³ en el primer y último año de estudio (Tabla 4.10).

2001 fue el año en el que se observaron esos picos con menor nitidez ya que desde la primavera en la que ascendieron los índices polínicos mantuvieron una distribución más o menos regular, exceptuando pequeños descensos durante los meses de mayo y de agosto, hasta finales del verano (Fig.4.18).

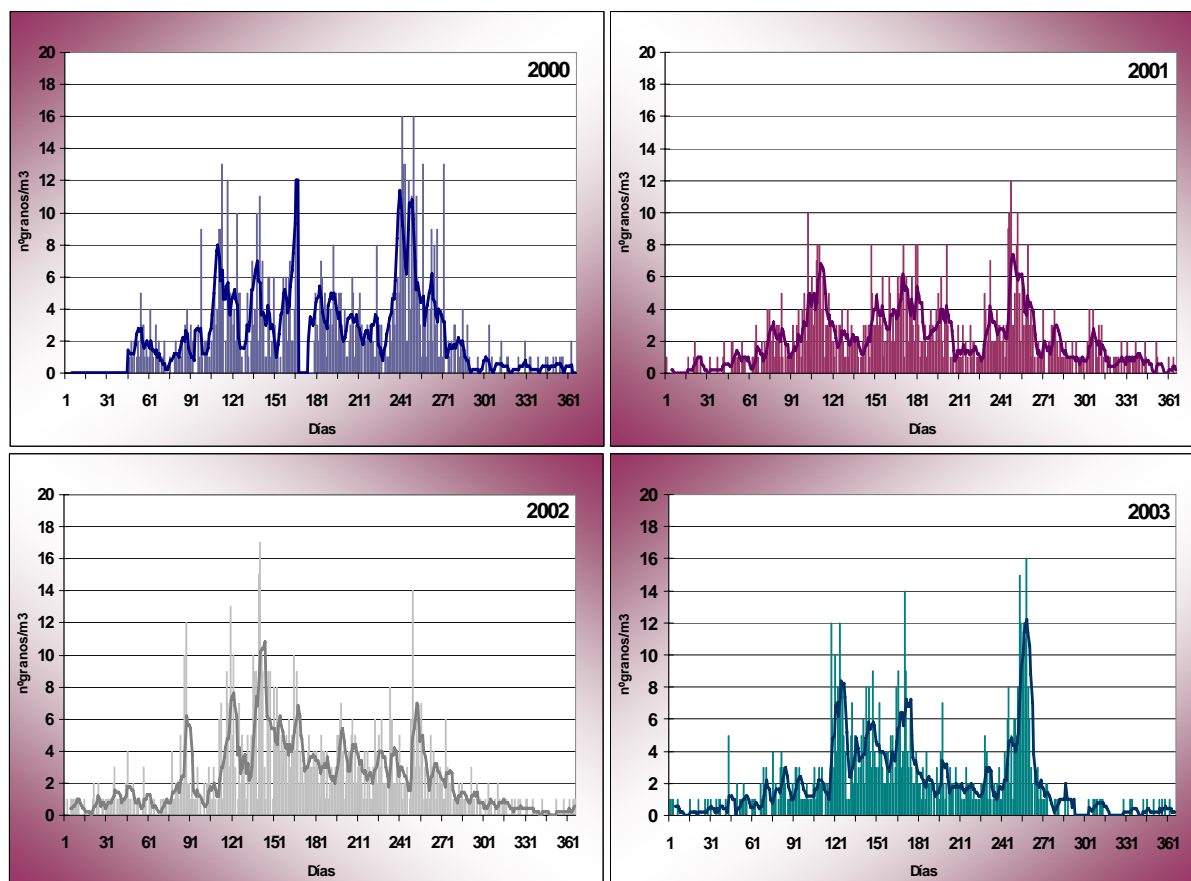


Fig.4.18. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Los diferentes años se caracterizaron por la gran duración del PPP, oscilando entre los 232 días en el último año hasta los 280 en el año 2001. La fecha de comienzo fue muy similar de unos años a otros, situándose a finales de febrero, excepto en el año 2002 que se adelantó en casi 20 días, con respecto a la media de los demás años (Tabla 4.10).

El pico de máxima concentración se produjo durante la primera quincena de septiembre en todos los años excepto en el 2002, en el que se registró el nivel de polen diario máximo absoluto del periodo estudiado, con 17 granos/m³, aunque en la primera quincena de mayo.

Chen-Amar	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	57	51	34	50
Fecha inicio	26-feb	20-feb	03-feb	19-feb
Dato fin	304	330	305	281
Fecha fin	30-oct	26-nov	01-nov	08-oct
Duración	248	280	272	232
Día pico	06-sep	04-sep	19-may/06-sep	15-sep
Valor max	16	12	17/14	16

Tabla 4.10. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae para cada uno de los años de estudio.

En lo que a medias semanales se refiere, en la figura 4.19 se puede apreciar un comportamiento similar al anteriormente descrito. Cabe destacar la presencia de varios picos consecutivos, anteriormente comentados, que apenas superan los 5granos/m³ desde finales de abril hasta finales de junio (desde la decimoséptima semana hasta la vigésimo quinta, aproximadamente) y otro mayor que los anteriores a mediados de septiembre (durante la trigésimo séptima semana), con 6 granos/m³ como concentración media semanal.

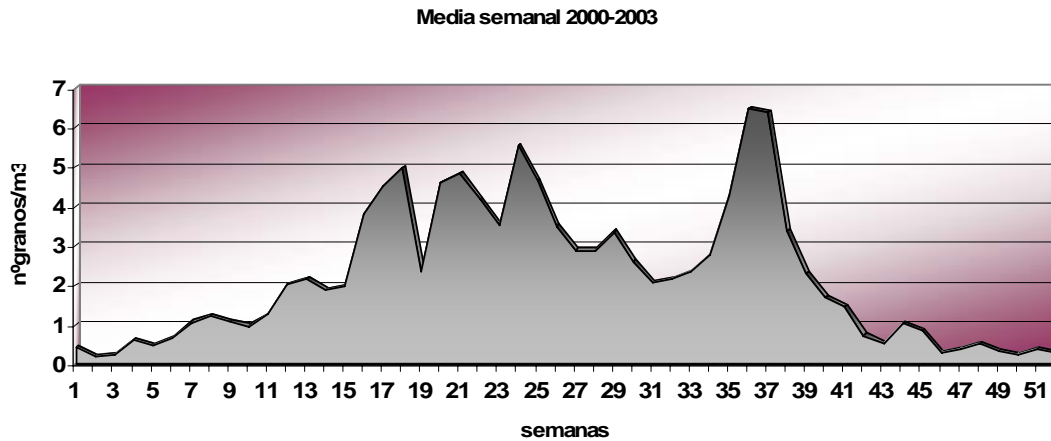


Fig.4.19. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae.

Variación intradiaria

El polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae no presentó una tendencia clara en lo que a distribución intradiaria se refiere. Durante los dos primeros años se detectaron picos de moderada intensidad que se situaron entre las 10:00 y las 14:00. Sin embargo, esta pauta no se observó durante los dos últimos años en los que el comportamiento fue más homogéneo.

Por otra parte, los valores obtenidos del IDI fueron bajos, ya que oscilaron entre 0,1 en el año 2000, y 0,04 en el 2003.

Los picos máximos obtenidos apenas superaron el 14% del total medio diario para el periodo estudiado, situándose la diferencia entre los valores máximos y mínimos siempre por debajo del 10%.(Fig.4.20).

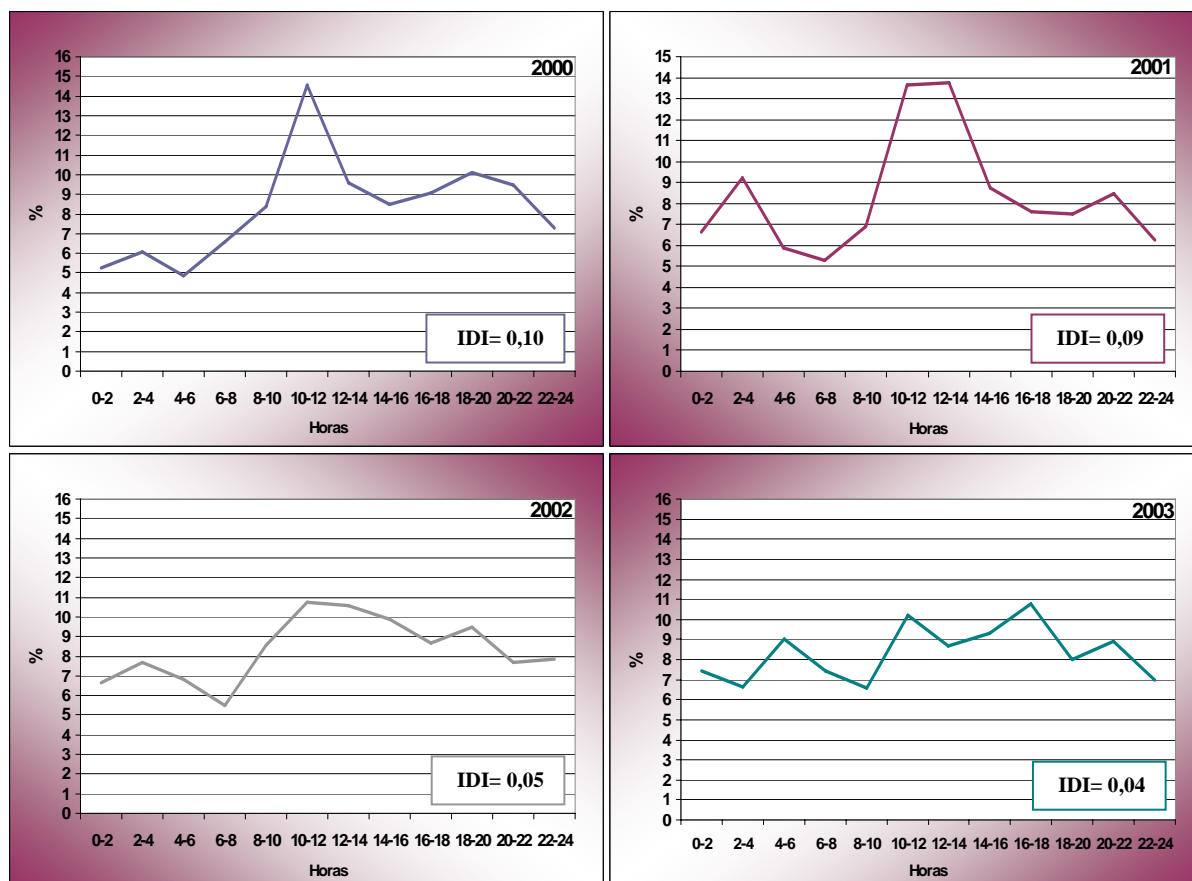


Fig.4.20. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

En general, se obtuvieron valores de correlación significativos tanto con las temperaturas como con las precipitaciones, siendo positivas en el primer caso y negativas en el segundo. En el caso de las temperaturas, los valores más elevados se alcanzaron con las temperaturas media y máxima, especialmente en el 2002, y los más bajos con las temperaturas mínimas. En relación con las precipitaciones, sólo para el año 2000 no se lograron valores significativos (Tabla 4.11).

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
T ^a media	0,336***	0,321***	0,423***	0,191**	0,373***
T ^a mínima	0,313***	0,256***	0,385***	0,174**	0,341***
T ^a máxima	0,353***	0,370***	0,435***	0,197**	0,389***
Precipitaciones	-0,114	-0,318***	-0,136*	-0,205**	-0,207***

Tabla 4.11. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo Chenopodiaceae-Amaranthaceae y los diferentes parámetros meteorológicos. *0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Al diferenciar entre periodo prepico y postpico observamos que los coeficientes de correlación con la temperatura se incrementaron en muchos de los casos, especialmente con el periodo postpico de los años 2000 y 2001, alcanzando un valor máximo de casi 0,7 con la T^a media del año 2000. Sin embargo, esto no sucede en el año 2003 donde no resultaron significativas. Lo mismo sucedió con las precipitaciones, aunque en esta ocasión además, tanto las etapas prepico como las postpico de los años 2000 y 2002 tampoco fueron significativas.

Si en el análisis incluimos todos los años, vemos que en todos los casos se obtuvieron niveles de significación elevados, con correlaciones positivas con las temperaturas, tanto con el prepico como con el postpico, y negativas con las precipitaciones (Tabla 4.12).

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
T ^a med	0,295***	0,698***	0,189**	0,617***	0,587***	0,256**	0,206**	0,338	0,323***	0,505***
T ^a mín	0,258**	0,661***	0,130	0,565***	0,557***	0,162*	0,212**	0,227	0,294***	0,433***
T ^a máx	0,319***	0,651***	0,233**	0,640***	0,498***	0,308***	0,196**	0,407	0,325***	0,526***
Precip	-0,104	-0,124	-0,323***	-0,222*	-0,125	-0,058	-0,163*	-0,383	-0,190***	-0,193***

Tabla 4.12. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico Chenopodiaceae-Amaranthaceae y los diversos parámetros meteorológicos. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

-Análisis de regresión

Con las ecuaciones obtenidas utilizando la temperatura, en el mejor de los casos, apenas se superó el 10% de varianza explicada con la variable independiente de mayor coeficiente de correlación. Esto sucedió con los datos del año 2001 y de temperatura máxima (Tabla 4.13).

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000	y = 0,220 Tmed - 1,077	0,073	18,560***
2001	y = 0,159 Tmax - 1,382	0,109	33,882***
2002	y = 0,205 Tmax - 1,980	0,096	28,834***
2003	y = 0,107 Tmax + 0,291	0,035	8,380**
2000-2003	y = 0,187 Tmed - 0,816	0,081	65,901***

Tabla 4.13. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Chenopodiaceae-Amaranthaceae en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Con la variable concentración precedente, a través de la elaboración de los autocorrelogramas, se apreció que a pesar de la tendencia a la disminución del coeficiente de las correlaciones conforme se incrementa la distancia entre los valores observados dentro de la serie temporal, cabe destacar el alto número de retardos que llegan a presentar correlaciones significativas en algunos años como el 2002.

Sin embargo, al realizar las autocorrelaciones parciales el valor de los coeficientes disminuyen en gran medida en todos los casos, excepto en el retardo de un día, estableciéndose una alta asociación entre las concentraciones de un día con las del día previo (Fig.4.21). En este caso, se establecieron grados de asociación mucho más elevados y positivos en todos los años, siendo especialmente alto en el año 2003. Por este motivo, se optó por la elección de la concentración del día precedente (retardo 1) como variable con la correlación estadísticamente significativa más alta para ser utilizada como variable independiente en las ecuaciones de regresión simple y múltiple por pasos.

Como cabría esperar, dado el mayor coeficiente de correlación obtenido, el porcentaje de varianza explicado por las concentraciones previas fue mayor que el explicado por las temperaturas, alcanzándose un máximo del 42% en el año 2003 (Tabla 4.14). Aun así, cabe mencionar que en el resto de los años dicho porcentaje decrece en gran medida, estableciéndose en un 22 % como media. Al considerar el conjunto de datos de todo el periodo estudiado sucede algo similar ya que el coeficiente de regresión disminuye, alcanzando un valor de poco más de 0,26.

Los modelos calculados con la D-media como única variable predictora fueron en todos los casos mejores que los conseguidos con el día anterior, especialmente en el año 2000 donde el porcentaje explicado se incrementó en más de un 66 %, siendo a su vez, el año en el que se alcanzó el mayor coeficiente de regresión con un valor de R^2 de 0,531.

Además, esta tendencia al incremento del porcentaje explicado en relación con la introducción del día previo como variable predictora, también se produjo cuando se usó el periodo completo 2000-2003, donde el R^2 alcanzó un valor de 0,310.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000	$y = 1,316 D - 0,566$	0,531	266,174***	0,736***	$y = 0,423 C_{t-1} - 1,916$	0,179	51,064***	0,456***
2001	$y = 0,633 D + 0,792$	0,310	124,725***	0,603***	$y = 0,484 C_{t-1} - 1,311$	0,235	84,917***	0,438***
2002	$y = 1,017 D + 0,083$	0,454	224,102***	0,670***	$y = 0,488 C_{t-1} - 1,523$	0,238	84,121***	0,477***
2003	$y = 1,080 D - 0,440$	0,456	192,728***	0,647***	$y = 0,650 C_{t-1} - 1,043$	0,422	166,991***	0,579***
2000-2003	$y = 0,633 D + 0,792$	0,310	124,725***	0,611***	$y = 0,511 C_{t-1} - 1,435$	0,261	358,617***	0,487***

Tabla 4.14. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Chenopodiaceae-Amaranthaceae en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración del día anterior. *** $p \leq 0,001$.

Si volvemos a los análisis de correlación con los parámetros meteorológicos, observaremos que en este taxon, el periodo postpico de algunos años obtuvo valores de ρ mayores que el prepico y que todo el PPP en conjunto, de modo que al realizar análisis de regresión también se observó un incremento del coeficiente de regresión. Así, en el año 2001 la temperatura máxima logró explicar un 33,6% de la varianza de la concentración polínica durante la fase postpico. Esta tendencia también se apreció en el año 2000 y en el periodo completo 2000-2003 con R^2 de 0,243 y 0,153, respectivamente (Tabla 4.13).

Esto mismo se aprecia, y además en los mismos años, con la D-media del periodo postpico ya que el porcentaje explicado en el año 2001 aumentó en más del 18 %, mostrando también valores más elevados en el año 2000 y en el periodo 2000-2003, este último con un R^2 de 0,458 ($y = 0,919 D + 0,306$).

Sin embargo, esta mejora del modelo predictivo al emplear sólo el periodo posterior a la aparición del pico máximo de concentración, no fue tan claro en el caso de las concentraciones del día anterior ya que al dividir el PPP no se obtuvieron incrementos significativos en el porcentaje explicado, a excepción del año 2001 y del 2003 con un aumento del 7 y 10%, respectivamente.

La ecuación resultante del análisis de **regresión múltiple** para el periodo 2000-2003 presentó un R^2 de 0,366, superior al de las ecuaciones en las que sólo se introdujo una sola variable independiente (Tabla 4.13 y 4.14). Aquí, además de las variables D-media y concentración del día anterior se han incluido las precipitaciones, quedando excluida del modelo la temperatura (Tabla 4.15).

Al realizar este mismo análisis únicamente con el periodo postpico, se encontró una mejora del modelo, pasando a explicar, con las mismas variables independientes introducidas, el 48,1 % de la varianza de la concentración de polen ($y = 0,807 D + 0,131 C_{t-1} - 0,040 \text{ Prec} + 0,265$).

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R^2	R^2 corregido	F
$y = 0,633 D + 0,284 C_{t-1} - 0,042 \text{ Prec} + 0,314$	0,366	0,364	143,391***

Tabla 4.15. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos para las concentraciones polínicas de Chenopodiaceae-Amaranthaceae en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

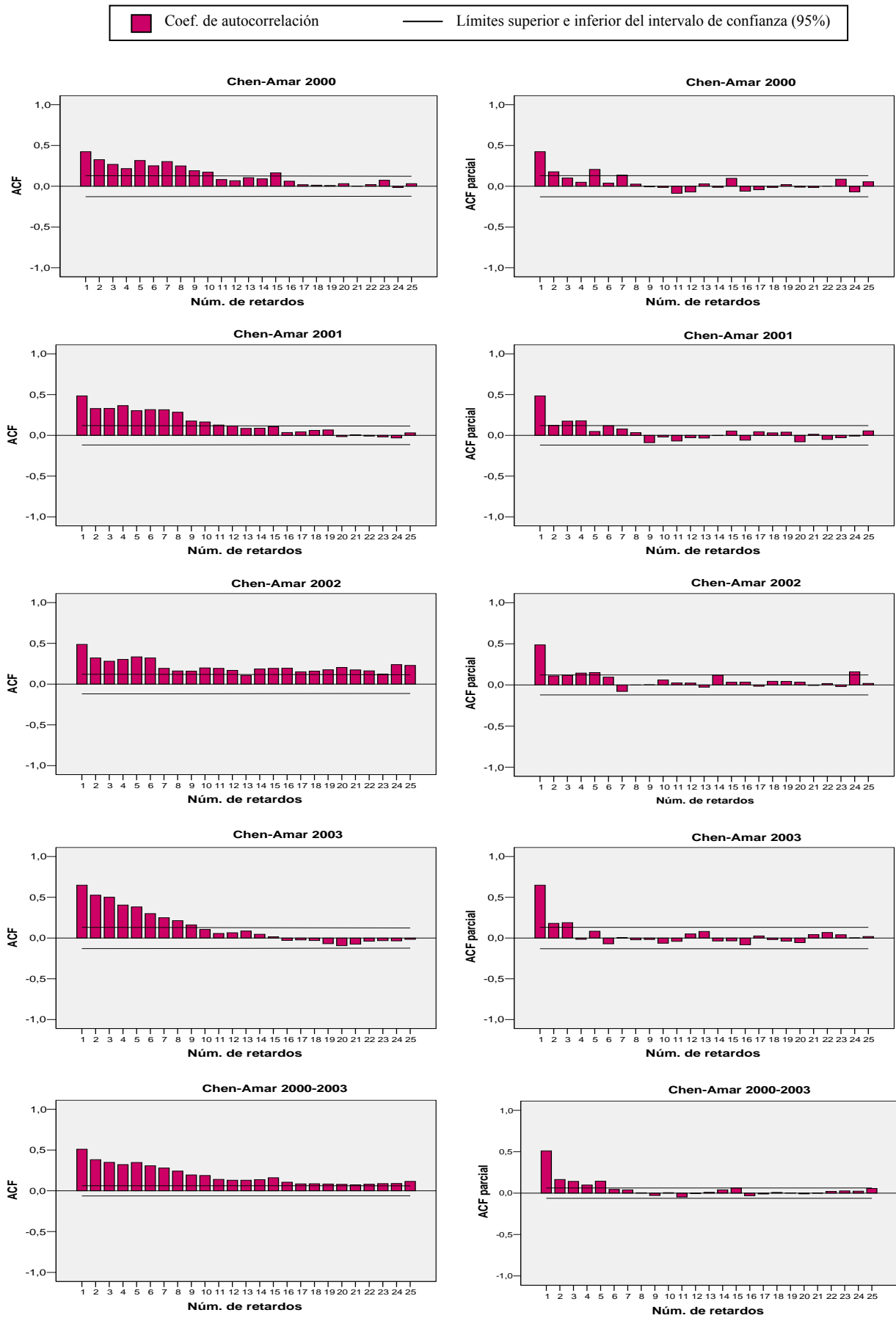


Fig.4.21. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

Las chenopodiáceas y las amarantáceas son plantas anuales con polinización anemófila muy resistentes a la sequía, capaces de crecer en suelos secos y salinos o altamente nitrificados como escombreras y bordes de caminos, siendo habituales en nuestra zona de estudio. Aunque los valores polínicos alcanzados en lo que a concentración media diaria se refiere no son muy elevados, al tratarse de un tipo polínico con una presencia muy constante a lo largo de todo el año, da lugar a índices polínicos destacables. Los dos picos aparecidos en primavera y finales del verano, respectivamente pudieron estar ocasionados por la diferente época de floración de las especies de las dos familias que componen el tipo polínico. El pico de primavera muy probablemente se deba al polen de chenopodiáceas, mientras que el segundo incremento del año se produzca por el polen de diversas especies de amarantáceas como apuntó Recio *et al.* (1998b) para Málaga.

Índices anuales similares han sido detectados en Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), localidad cercana a Nerja, y en Antequera (Recio *et al.*, 2000). Sin embargo, en Málaga capital (Recio *et al.*, 2002c) así como en la costa de Granada, más concretamente en Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004), las concentraciones casi duplican a las halladas en el entorno de nuestra área de estudio. Independientemente del total anual, mientras que en las localidades costeras andaluzas se observa un comportamiento similar al de Nerja, en las ciudades de interior como Córdoba, Granada o Jaén se produce un retraso en la aparición del periodo de polinación, con los valores máximos situados en el verano. En el norte y noroeste peninsular las concentraciones fueron mucho menores, reduciéndose su presencia fundamentalmente al periodo estival. En las ciudades del noroeste, sin embargo, a pesar de concentrar las mayores cantidades polínicas a finales del verano y comienzos del otoño como en los anteriores casos, presentaron niveles bastante más elevados (*confer.* Rea 7-8).

Aunque no se detectaron diferencias interanuales estadísticamente significativas entre los años estudiados, la aparición más tardía de niveles relativamente elevados en el año 2003 pudo estar ocasionada por las abundantes lluvias acaecidas durante los primeros cuatro meses del año que dificultaron la liberación y flotabilidad del polen en la atmósfera, mientras que las menores concentraciones detectadas en el año 2001 pudieron deberse a que fue un año muy seco. La importancia de las lluvias en el periodo anterior a la floración en este tipo de plantas ya ha sido puesto de manifiesto por otros autores como Muñoz *et al.* (2000) y Recio *et al.* (1998b). En este caso, en los años en los que se han producido lluvias preestacionales (2000 y 2002) más intensas se obtuvieron índices polínicos más elevados.

En lo referente a las variaciones intradiarias se apreció un mayor IDI en los dos primeros años, aunque en todos pudo apreciarse un incremento de las concentraciones en las horas centrales del día, especialmente entre las 10 y las 14h, comportamiento similar al registrado en otras ciudades como Málaga (Recio, 1995) y Córdoba (Galán *et al.*, 1989). Sin embargo, en Estepona se detectó un patrón diferente en el que la máxima aparición de polen se localiza durante las horas de la tarde (Toro, 1997).

Si prestamos atención a las correlaciones establecidas con la temperatura, estas fueron positivas, obteniéndose los valores más elevados con la temperatura máxima y media, coincidiendo con los resultados obtenidos en Extremadura (Muñoz *et al.*, 2000). Al dividir el PPP en prepico y postpico, se observa como el coeficiente de correlación se incrementa en gran medida en el postpico. En principio, durante este periodo cabría esperar correlaciones negativas ya que coincide con el descenso de las concentraciones de polen independientemente de la temperatura. Sin embargo, éstas resultaron positivas ya que el final del PPP tuvo lugar a finales del verano, época en la que las temperaturas también tienden a disminuir. Por otro lado, las correlaciones con dicho periodo postpico en el año 2003 resultaron no significativas en gran parte debido a la escasez de datos utilizados (N=23) por la tardía aparición del pico máximo de concentración polínica. Con las precipitaciones se obtuvieron asociaciones negativas en todos los casos aunque en el año 2000 no fue significativa. Sin embargo al separar el PPP en prepico y postpico tampoco se establecieron correlaciones significativas en muchos casos. Aunque el número de datos era lo suficientemente elevado, dado la presencia de este tipo polínico durante la mayor parte del año, los niveles diarios de polen fueron bajos, coincidiendo en gran parte los escasos periodos de lluvias, característica de nuestro clima, con el inicio o final del PPP, época en la que la concentración de polen fue aun menor, dificultando así la aparición de asociaciones entre estas variables. A pesar del incremento del grado de asociación entre los parámetros meteorológicos y las concentraciones de polen al dividir el PPP en periodo prepico y postpico, las mayores correlaciones se obtuvieron con la D-media y la concentración del día precedente, siendo las mejores variables predictoras ya que aparecieron en la ecuación de regresión múltiple en primer y segundo lugar, respectivamente.

El polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae ha sido reportado como causante de polinosis en Israel, Texas y el sur de Europa (Alfaya & Marqués, 2002), así como en zonas desérticas como Kuwait (Ezeamuzie *et al.*, 1997) y Arabia Saudita (Suliaman *et al.*, 1997), cobrando una importancia creciente como alergógeno en áreas del Mediterráneo que presentan veranos cada vez más secos y largos donde sólo determinadas plantas, entre las que se encuentran algunos miembros de las chenopodiáceas y amarantáceas, son capaces de sobrevivir e incrementar su población frente a otras peor adaptadas (Rodríguez *et al.*, 2007). Este tipo polínico presenta un grado de alergenicidad medio-alto (Levetin & Buck., 1980), presentando además el polen de Chenopodiaceae reactividad cruzada con el polen de las amarantáceas y de *Olea*. El potencial alergénico de este polen ha permanecido enmascarado en parte por la coincidencia con el periodo de polinación de otras especies de conocida capacidad alergénica como *Ambrosia* (Lewis *et al.*, 1983). Así, un estudio realizado en la ciudad de Toledo catalogó al polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae como el más alergénico ya que, constituyendo menos del 6% del polen total anual, provocó reactividad positiva en más del 90% de pacientes atópicos (Moral *et al.*, 1998), mientras que en otras provincias españolas como Burgos, se detectó un porcentaje superior al 26% de sensibilizaciones a este polen cuando sólo representó poco más del 1% del contenido polínico total de la atmósfera (Carretero *et al.*, 2005). En Málaga, el 20% de los pacientes atópicos presentaron reacciones alérgicas a *Chenopodium album* y el 17% a *Salsola kali* (Torrecillas *et al.*, 1998), siendo más del 8% en Córdoba (Galán *et al.*, 1989).

4.2.2.2 Tipo Cupressaceae

Morfología polínica



Polen inaperturado o, a veces, ulcerado, apolar o heteropolar en el caso de presentar úlcera, radiosimétrico, circular en corte óptico y de tamaño pequeño a mediano ($D=18-33\mu\text{m}$). Exina de $1-1,5\mu\text{m}$ de grosor e intina muy gruesa de hasta $5-6\mu\text{m}$, rodeando al citoplasma que tiene forma estrellada. Téctum completo e infratéctum sin columelas. Superficie escábrida, con numerosos orbículos sobre los que se disponen espínulas de dimensiones muy reducidas.

Especies más frecuentes: *Cupressus sempervirens* L., *C. arizonica* Greene, *C. lusitanica* Miller, *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Juniperus oxycedrus* L., *J. phoenicea* L.

Variación estacional

Este tipo polínico representó casi el 14% del índice total del periodo estudiado, aunque con acusadas diferencias interanuales ya que los años impares alcanzaron un índice polínico anual mucho más elevado que el registrado durante los años pares llegando a superar el 50% como media de la diferencia existente entre ambos grupos. La suma anual más elevada se obtuvo en el año 2001 alcanzándose los 9.937 granos de polen, mientras que la cantidad menor correspondió al año 2000 con un índice polínico anual de 4.408, aunque esta cantidad puede estar infravalorada (Fig.4.22).

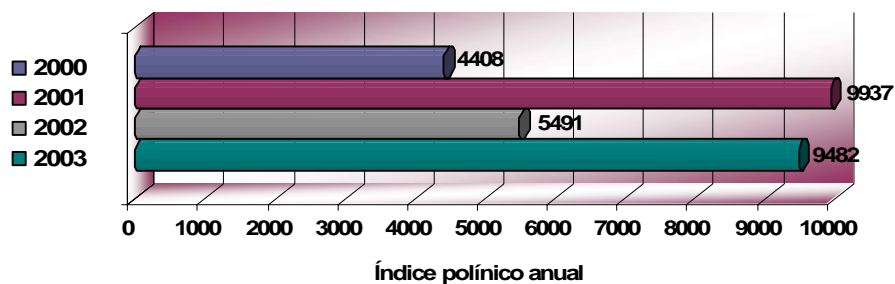


Fig.4.22. Índice polínico anual del tipo polínico Cupressaceae para los años estudiados.

Si nos fijamos en la distribución mensual de este tipo polínico observamos que los índices de polen mensual más elevados se obtuvieron en el mes de marzo en todos los años, excepto en el 2000 en el que fue superado por noviembre, aunque por unos escasos 29 granos de polen. La cantidad mayor se alcanzó en el año 2001 con un valor de 4236, seguido de febrero al igual que en el año 2002, mientras que fue abril el segundo en abundancia en el 2003. Los meses de julio y agosto fueron los de menor incidencia polínica, apareciendo de forma esporádica y nunca superando un índice de 10. Junio y septiembre también presentaron niveles muy bajos (Fig. 4.23).

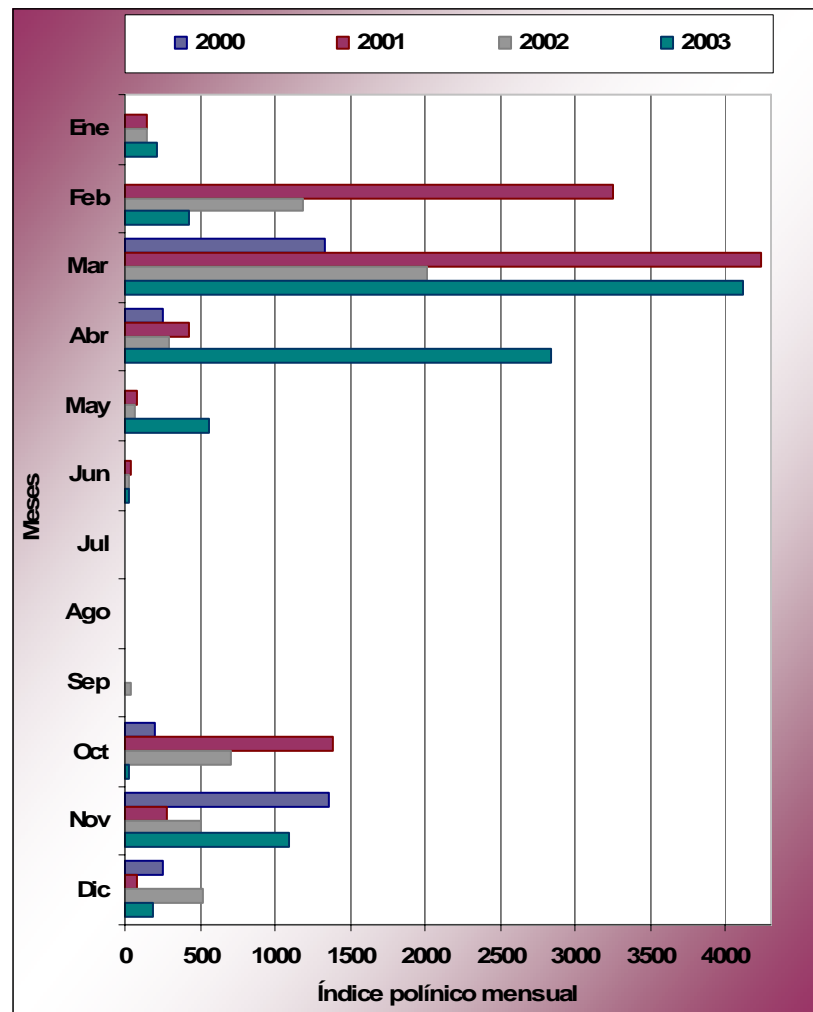


Fig.4.23. Índice polínico mensual del tipo Cupressaceae durante los años 2000-2003.

En relación con la distribución de las concentraciones medias diarias, se observan dos periodos claramente diferenciables. Uno de mayor intensidad que se desarrolla durante los meses de febrero a abril, ambos inclusive, y otro menos intenso que tiene lugar en otoño. En el primer caso los niveles que se alcanzaron fueron superiores a los detectados en el otoño, localizándose el máximo valor el día 22 de marzo de 2001 con 709 granos/m³ (Tabla 4.16). Para los restantes años este pico fue menor, apenas superándose los 130 granos/m³ el día 20 de marzo del año 2000 y los 298 y 409 granos/m³ en los años 2002 y 2003, respectivamente. En el periodo otoñal, el máximo se produjo en también en el 2001, con un valor por encima de los 300 granos/m³ (Fig.4.24).

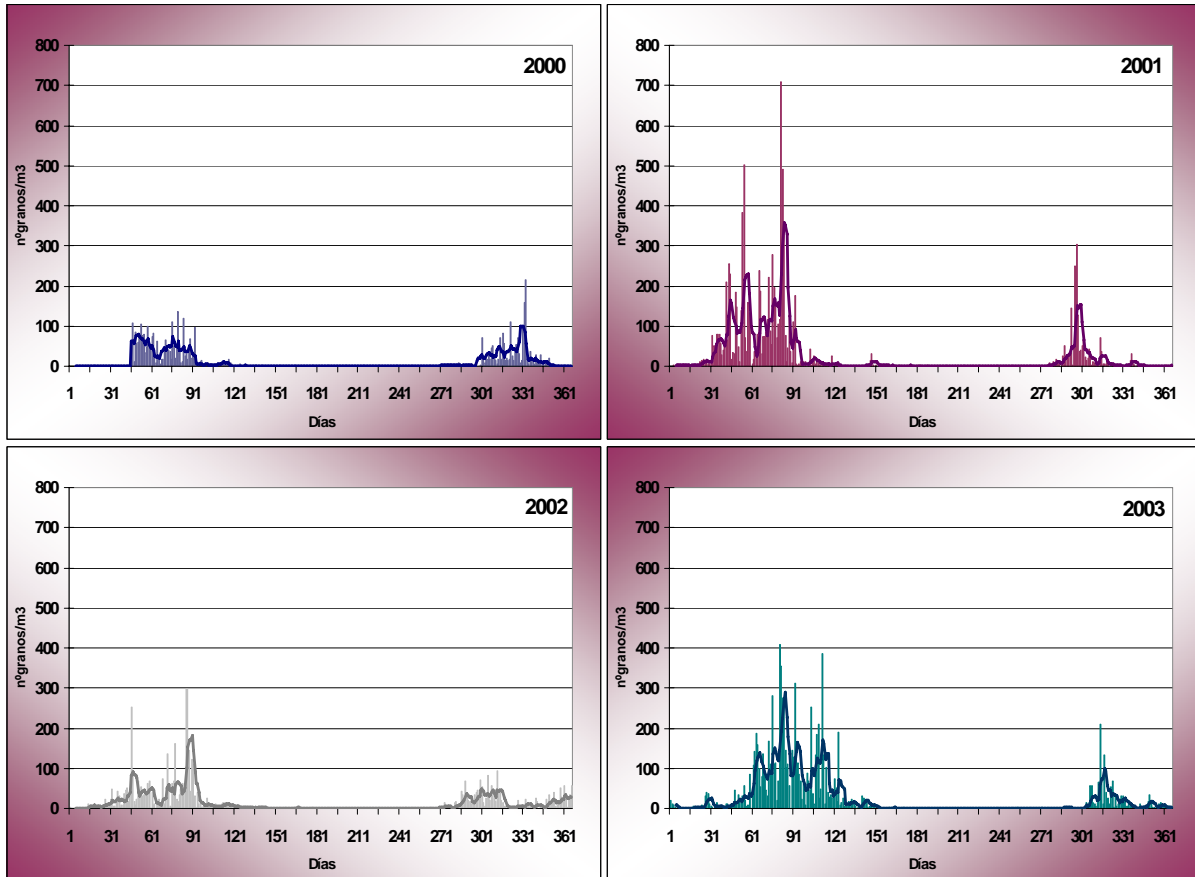


Fig.4.24. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Cupressaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

El periodo principal de polinación tuvo una duración que osciló entre los 164 días del periodo 2000-2001 hasta los 208 días del periodo 2002-2003, encontrándose como fecha más temprana de inicio el 14 de octubre y como fecha de finalización el 10 de mayo como la más tardía. El periodo 2001-2002 fue el que menor concentración de polen registró, con un 45% menos aproximadamente, que los restantes (Tabla 4.16).

Cupressaceae	2000-2001	2001-2002	2002-2003
Dato inicio	63	44	45
Fecha inicio	02-nov	14-oct	15-oct
Dato fin	226	235	252
Fecha fin	14-abr	23-abr	10-may
Duración	164	192	208
Día pico 1º	22-mar	23-oct	21-mar
Valor max 1º	709	303	409
Día pico 2º	28-nov	26/27-mar	07-nov
Valor max 2º	216	298	93
Total periodo	10009	5457	9951

Tabla 4.16. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo Cupressaceae para cada uno de los periodos de estudio.

Como media de las medias semanales de los cuatro años se observó que el mayor pico se produjo alrededor de finales de marzo (doceava semana), con 153 granos/m³ medios semanales, coincidiendo aproximadamente con el comienzo de la primavera, mientras que es en la segunda quincena de octubre cuando acontece el segundo gran incremento del año, aunque los valores medios semanales máximos alcanzados no superaron los 60 granos/m³. Entre esos dos picos aparece un periodo de tiempo comprendido entre junio y septiembre, ambos inclusive, en el que las concentraciones fueron prácticamente nulas (Fig.4.25).

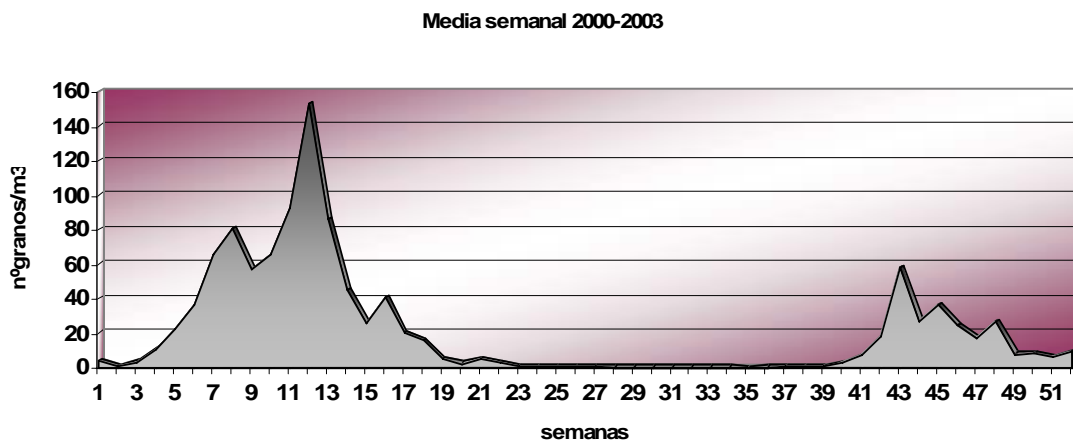


Fig.4.25. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo Cupressaceae.

Variación intradiaria

En las gráficas se aprecia una tendencia al incremento de las concentraciones de polen de Cupressaceae en las horas centrales del día, con un máximo entre las 10 y las 14 horas y que se repite en todos los años, aunque con distinta intensidad. Así, en el año 2003 el pico experimentado entre las 10 y las 12h alcanzó el 29,7% de la concentración media total del día, siendo el incremento menos acusado el registrado en el año 2002 con el 18,8% del polen total diario (Fig.4.26).

Este comportamiento queda reflejado en los valores de IDI calculados para cada uno de los años de estudio que oscilaron entre 0,15 en el año 2002 y 0,28 en el año 2003.

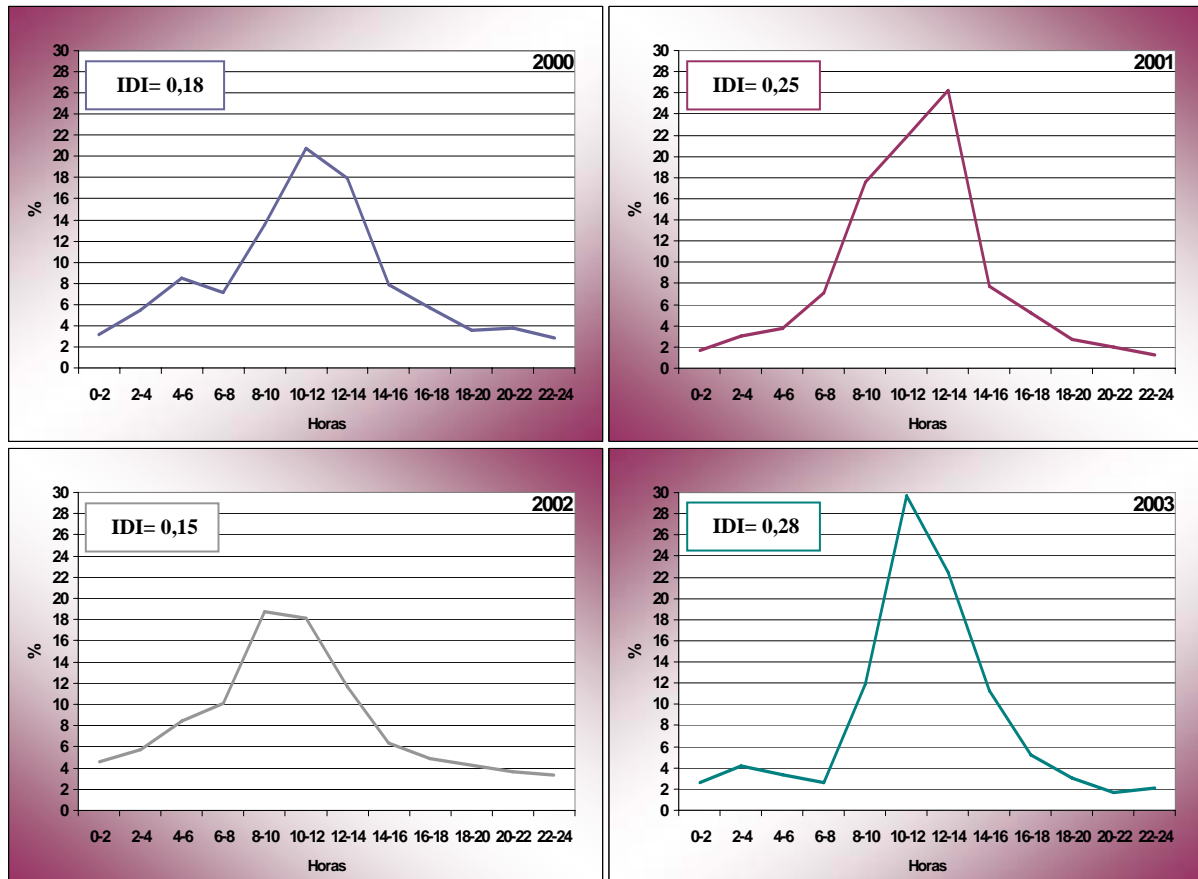


Fig.4.26. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de Cupressaceae a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Se observaron correlaciones positivas y significativas para un $p \leq 0,001$ en todos los casos con la temperatura, tanto media como máxima y mínima, aunque con ésta última en menor medida. En el caso de las precipitaciones también se encontró una correlación aunque en este caso negativa en todos los años de muestreo, lo que corrobora el efecto de lavado que ejerce la lluvia en la atmósfera, lo que provoca el descenso de las concentraciones polínicas (Tabla 4.17).

Correlación de Spearman				
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2000-2003
Tª media	0,369***	0,456***	0,416***	0,435***
Tª mínima	0,263**	0,232**	0,353***	0,234***
Tª máxima	0,448***	0,533***	0,392***	0,379***
Precipitaciones	-0,189*	-0,170*	-0,197**	-0,168***

Tabla 4.17. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo Cupressaceae y los diferentes parámetros meteorológicos. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Si separamos la secuencia de datos polínicos obtenidos en periodo prepico y postpico, se observa que mientras que en el periodo previo al pico máximo de concentración se obtuvo una correlación positiva con la temperatura, no ocurrió lo mismo con el postpico, ya que las correlaciones no fueron significativas, aunque cabe mencionar la tendencia a tornarse hacia valores negativos (Tabla 4.18). Así, mientras que en el periodo prepico se incrementan las concentraciones de polen al mismo tiempo que lo hacen las temperaturas, durante el postpico, a pesar de que las temperaturas siguen aumentando, los niveles de polen no sólo no se incrementan sino que muestran signos de disminución.

En relación con las precipitaciones, éstas siguieron el mismo patrón de correlaciones negativas aunque al igual que ocurre con las temperaturas, en el periodo postpico no fueron significativas.

	2000-2001		2001-2002		2002-2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
Tª media	0,483***	0,027	0,468***	0,290	0,460***	-0,183	0,452***	0,093
Tª mínima	0,300***	0,166	0,210**	0,327	0,390***	-0,253	0,286***	0,170
Tª máxima	0,560***	-0,076	0,568***	0,095	0,452***	-0,126	0,509***	-0,003
Precipitaciones	-0,217**	0,016	-0,243**	0,017	-0,234**	-0,124	-0,192***	-0,096

Tabla 4.18. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico Cupressaceae y los diversos parámetros meteorológicos. **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Como el manejo de los datos de viento ha sido diferente, para evitar una representación más compleja de la necesaria se ha optado por tratarlos y comentarlos separadamente.

Correlación de Spearman					
Viento	Hora	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2000-2003
1 ^{er} y 2 ^o cuadrante	00	0,245	-0,154	0,120	0,016
	07	-	-	0,087	0,087
	13	-0,307	-0,229	0,150	-0,081
	18	-0,208	-0,352*	0,092	-0,170
3 ^{er} y 4 ^o cuadrante	00	-0,002	-0,088	-0,272	-0,008
	07	-	-	0,139	0,139
	13	0,082	0,395*	-0,107	-0,026
	18	0,228	-0,200	0,059	-0,031

Tabla 4.19. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas y la dirección del viento. *0,01 < p ≤ 0,05.

Como se puede observar en la tabla 4.19, la mayor parte de las correlaciones establecidas entre los vientos procedentes de las parejas de cuadrantes y los diferentes datos horarios resultaron no significativas, siendo únicamente significativas las correlaciones del periodo 2001-2002 para las 18h (1^{er}-2^o cuadrante) y 13h (3^{er}-4^o cuadrante). Con la variable viento del primer-segundo cuadrante la correlación fue negativa, mientras que con los vientos del 3^{er}-4^o cuadrante resultó positiva, detectándose una menor concentración polínica cuando el viento era procedente del sur y del sureste, es decir del mar, mientras que incrementaba su valor conforme el viento cambiaba a dirección norte, procediendo de zonas interiores.

-Análisis de regresión

La variable meteorológica que mayor influencia tuvo sobre las concentraciones polínicas fue la temperatura máxima tanto en los dos primeros periodos como en el conjunto de los años estudiados y la temperatura mínima en el último periodo 2002-2003. Sin embargo, a pesar de la obtención de modelos estadísticamente significativos, el porcentaje de varianza explicado por dichas variables no alcanzó ni el 13% en el mejor de los casos (Tabla 4.20).

Cabe mencionar, aunque el R^2 no es muy elevado, el descenso de la pendiente en el tiempo de modo que el incremento de granos de polen por el incremento de cada grado centígrado fue menor con el transcurso de los años.

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R^2	F
2000-2001	$y = 13,465 T_{max} - 199,094$	0,127	23,544***
2001-2002	$y = 5,697 T_{max} - 79,924$	0,092	19,162***
2002-2003	$y = 3,905 T_{min} - 0,970$	0,025	5,356*
2000-2003	$y = 6,310 T_{max} - 77,625$	0,060	35,663***

Tabla 4.20. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Cupressaceae en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Tras el análisis de las autocorrelaciones simples y parciales, se escogió el día previo como la mejor variable para el establecimiento de relaciones de dependencia con las concentraciones polínicas por presentar la correlación significativa más elevada en todos los años (Fig.4.27).

Si consideramos la concentración del día anterior, cabe mencionar en primer lugar la alta correlación positiva y significativa, con un $p \leq 0,001$, tanto en todos los años como en la suma de todo

el periodo, dando como resultado unos modelos de regresión bastante mejores que los obtenidos con los parámetros meteorológicos, explicando desde el 34,6 hasta el 37,3 % de la varianza de las concentraciones (Tabla 4.21).

Sin embargo, los coeficientes de regresión de las ecuaciones con la D-media como variable predictora, aún mostraron valores más elevados en todos los casos, excepto en el periodo 2001-2002, destacando el porcentaje explicado en el periodo 2000-2001 que superó el 75 %.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R ²	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R ²	F	ρ Spearman
2000-2001	$y = 1,906 D - 14,361$	0,756	503,098***	0,812***	$y = 0,601 C_{t-1} + 23,221$	0,362	91,227***	0,781***
2001-2002	$y = 0,593 D + 4,827$	0,254	64,601***	0,726***	$y = 0,610 C_{t-1} + 10,428$	0,373	112,339***	0,784***
2002-2003	$y = 1,182 D + 3,486$	0,506	211,359***	0,658***	$y = 0,589 C_{t-1} + 18,635$	0,346	108,658***	0,728***
2000-2003	$y = 1,211 D - 1,895$	0,486	530,407***	0,709***	$y = 0,609 C_{t-1} + 16,831$	0,371	330,710***	0,771***

Tabla 4.21. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Cupressaceae en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. *** $p \leq 0,001$.

Al dividir el PPP se comprobó que con el prepico ninguna de las variables estudiadas presentaron un coeficiente de regresión mayor al obtenido en las ecuaciones que tenían en cuenta todo el periodo PPP, excepto para el periodo 2000-2001 en el caso de la D-media, que superó el 0,8.

Tras la realización de una **regresión múltiple**, el porcentaje de varianza explicada por las diversas variables introducidas en el modelo obtenido para todo el periodo de muestreo, se incrementó hasta el 57,8 %, siendo, las variables independientes D-media, concentración del día anterior y temperatura máxima en menor medida ya que sólo aumentó el coeficiente de regresión en 0,09, las variables predictoras más influyentes. Las restantes variables introducidas fueron eliminadas en su totalidad del modelo debido a la existencia de coeficientes de regresión no significativos y a problemas de colinealidad entre las variables (Tabla 4.22).

A pesar de considerar solamente el periodo prepico, en el que se obtuvieron correlaciones más elevadas con las variables meteorológicas, no se logró una mejora del modelo, mostrando incluso un descenso en el valor de R² (0,317).

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R ²	R ² corregido	F
$y = 0,883 D + 0,344 C_{t-1} + 2,486 T_{max} - 52,033$	0,587	0,585	264,970***

Tabla 4.22. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de Cupressaceae en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

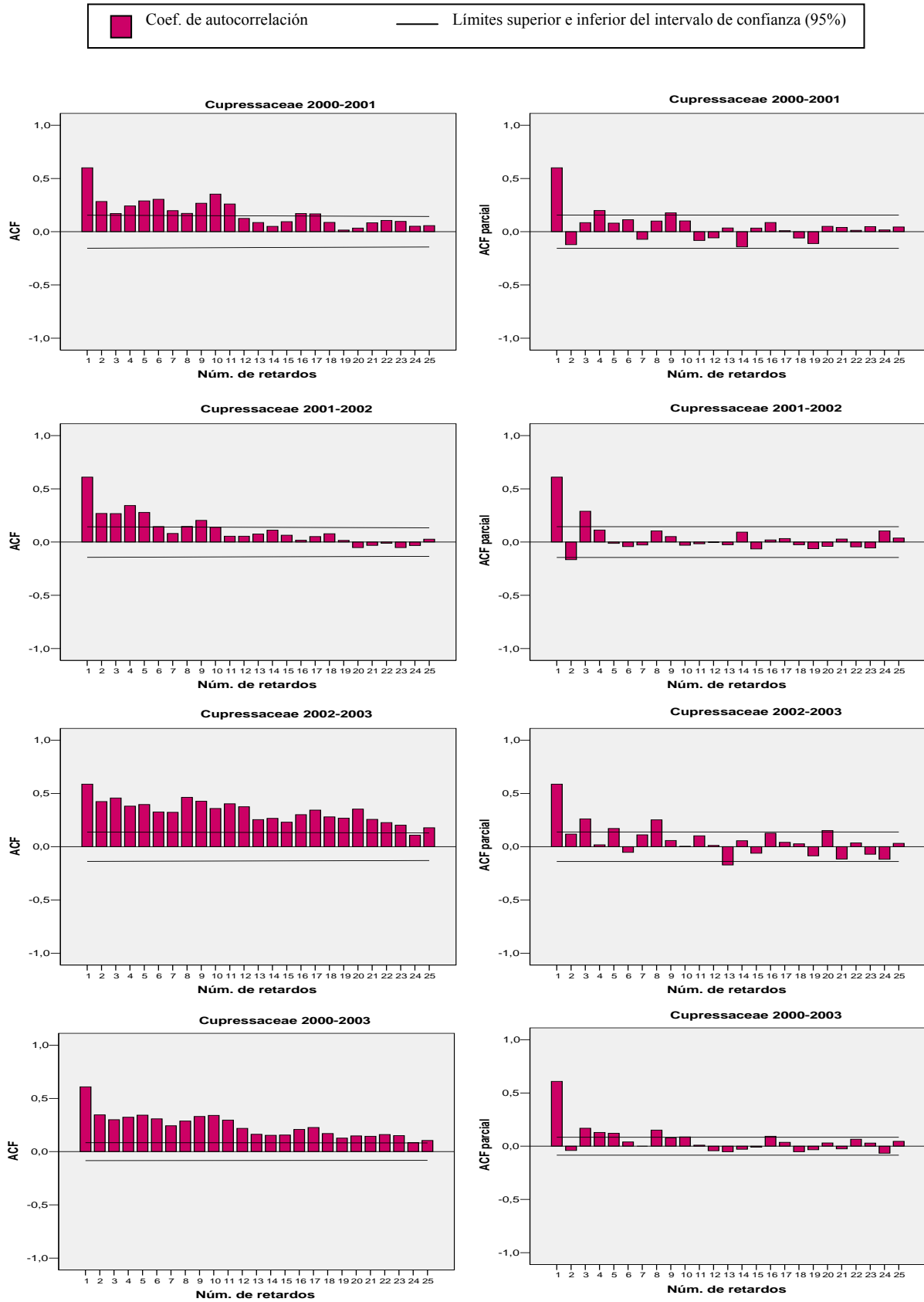


Fig.4.27. Autocorrelaciones simples y parciales de las series de concentraciones de polen de Cupressaceae a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

El polen de Cupressaceae ocupó el cuarto lugar por orden de abundancia en nuestra zona de muestreo, mostrando dos periodos de incremento de las concentraciones a lo largo del año. Esto probablemente está causado por la diversa época de floración de las diferentes especies que constituyen esta familia y están presentes en los alrededores del captador. Así, el pico que comienza en invierno probablemente es debido a la floración de *Cupressus sempervirens* y de *Juniperus oxycedrus*, mientras que el de otoño puede estar propiciado por el polen de *C. arizonica*, utilizado como ornamental en los jardines circundantes. Este segundo pico también se observa en otras localidades, especialmente del sur de la península, estando descrito por Munuera *et al.* (2002) en Murcia, Recio (1995) en Málaga y Toro (1997) en Estepona. Sin embargo, no aparece en el noroeste de la Península (Jato *et al.*, 2001b) ni en el centro y norte de Europa, zona en la que el pico máximo no se produce hasta el mes de junio (Spieksma, 1991a). En el año 2001 se apreció un adelanto del primer pico en relación con el de los restantes años estudiados que pudo estar favorecido por las temperaturas más cálidas detectadas, así como por las lluvias invernales previas acaecidas. Sin embargo, en el año 2003 fue cuando se registraron las menores temperaturas además de lluvias importantes durante el invierno y parte de la primavera, lo que produjo un retraso en el comienzo del periodo de polinación.

Los niveles detectados en la atmósfera de Nerja fueron muy superiores en los años impares, disminuyendo en los pares. Este comportamiento ha sido descrito también por Rodríguez-Rajo *et al.* (2004c) en Vigo, exponiendo como posible causa la existencia de una alternancia bianual en la que la planta un año destina un mayor gasto energético al desarrollo vegetativo y el siguiente a la formación de las estructuras reproductoras.

En cuanto a concentraciones se refiere, éstas son similares a las detectadas en localidades cercanas como Málaga donde este tipo polínico es el 2º en importancia (Recio *et al.*, 1998a), Estepona (Toro *et al.*, 1997) y Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004), aunque en Vélez-Málaga, localidad muy próxima, se alcanzan niveles bastante inferiores (Trigo *et al.*, 2007). Por el contrario, en Granada se registran índices muy elevados, llegando a superar el índice anual de 20.000 granos de polen en el año 2003 (Alba *et al.*, 2004).

En lo que a comportamiento intradiario se refiere, se ha observado un patrón bastante estable a lo largo de los 4 años estudiados, con un pico importante entre las 10 y las 12 de la mañana. Este comportamiento coincide con el mostrado por Galán *et al.* (1991) en Córdoba para este mismo tipo polínico. En Málaga capital, el IDI medio del periodo 1992-1995 fue más elevado (0,38), con el pico máximo en torno a las 14 h (Trigo *et al.*, 1997).

La temperatura fue el parámetro meteorológico analizado que mostró el grado de asociación más alto con la concentración de polen de Cupressaceae al igual que ocurre en otras ciudades como Córdoba (Galán *et al.*, 1998) y Málaga (Recio, 1995). Al dividir el PPP en prepico y postpico se

observó que éste último, a diferencia del prepico, presentó correlaciones no significativas y con signo negativo. Los motivos de esta disparidad entre ambos periodos puede estar debido a la existencia de varias especies con época de floración diferentes (principalmente en otoño y entre mediados y finales del invierno), por lo que establecer un solo pico de máxima concentración que divide una etapa hipotéticamente de subida frente a otra de descenso polínico no refleja la situación real ya que en este caso se produjeron varios procesos de ascenso y descenso. Además, durante el periodo postpico las temperaturas aumentan a medida que las concentraciones polínicas están decreciendo. Por otro lado, la falta de correlaciones significativas con los vientos en muchos casos puede estar en gran medida causada por la escasez de valores de viento, ya que los datos proporcionados por el Instituto de Meteorología presentaban muchas lagunas imposibilitando en algunas ocasiones (especialmente en las 07h), incluso el desarrollo de la prueba estadística. Además, al utilizar valores horarios, debemos tener en cuenta el IDI obtenido, ya que como ocurre en este caso, la distribución de polen a lo largo del día no es homogénea, concentrándose en las horas centrales del día, por lo que a las 13h y en menor medida a las 18h hallamos un número más elevado de granos de polen que en las restantes horas, en las que aparecen un alto número de ceros que dificultan el análisis de posibles asociaciones.

En lo que a ecuaciones de regresión se refiere, de nuevo resultaron ser la D-media y la concentración de polen del día anterior las mejores variables predictoras, seguidas de la temperatura máxima, lo que indica el marcado grado de estacionalidad que presenta el comportamiento anual de este tipo polínico.

El polen de ciprés está considerado como uno de los pólenes alérgicos más importantes en Europa (Linskens & Cresti, 2000), especialmente en el área del Mediterráneo (Galán *et al.*, 1998), siendo catalogado con grado de alergenidad de medio a alto (Bousquet *et al.*, 1984). A pesar de que la existencia de pacientes monosensibles a un tipo polínico es un suceso catalogado como raro, en Madrid el 1,1% de los pacientes atópicos eran monosensibles a *C. sempervirens*, el 4º en importancia (Tejedor *et al.*, 2004) y con una prevalencia de resultados positivos de test cutáneos al polen de *C. arizonica* del 20% (Subiza *et al.*, 1995). En Córdoba este porcentaje asciende al 35% de los pacientes con polinosis (Guerra *et al.*, 1996), mientras que en Málaga es del 7,5% (Torrecillas *et al.*, 1998). Como se observa en los datos expuestos anteriormente, el porcentaje de personas alérgicas al polen de ciprés varía en gran medida de unos estudios a otros, creyéndose que una de las causas es la dificultad de la consecución de un buen extracto, ya que el de este polen se caracteriza por el bajo contenido en proteínas (Luengo, 2002). Numerosos trabajos han sido publicados en los que se analizan los diversos alérgenos y extractos polínicos (Cimignoli *et al.*, 1992; Di Felice *et al.*, 1994; Mari *et al.*, 1995; Iacovacci *et al.*, 1998), así como su reactividad cruzada entre diversas especies (Barletta *et al.*, 1996).

Finalmente, las especies *C. sempervirens* o *C. arizonica*, mencionadas anteriormente, son ampliamente utilizadas en jardinería con los consecuentes problemas que conllevan a la población alérgica, de modo que Lorenzoni-Chiesura *et al.* (2000) las ha incluido en un listado de plantas a evitar en zonas ajardinadas públicas.

4.2.2.3 Tipo *Mercurialis*

Morfología polínica



Polen trizonocolporado, isopolar, con simetría radial y tamaño de pequeño a mediano ($P=20-31 \mu\text{m}$ y $E=17-30 \mu\text{m}$). De circular a ligeramente elíptico en vista ecuatorial y de circular lobulado a subtriangular en vista polar. Aberturas compuestas, con ectoaberturas de tipo colpo y endoaberturas de tipo poro. Membrana apertural granulosa. Exina de unas $2 \mu\text{m}$ de grosor, con sexina y nexina difíciles de distinguir, la nexina formando costillas a nivel de las endoaberturas. Téctum parcial e infratéctum columelado. Superficie finamente reticulada con muros granulados más estrechos que los lúmenes cuyo diámetro es inferior a $1 \mu\text{m}$.

Especies más frecuentes: *Mercurialis ambigua* L., *Mercurialis tomentosa* L.

Variación estacional

El polen de *Mercurialis* está presente en la atmósfera de Nerja durante gran parte del año, si bien sólo representó el 1,1% del índice polínico del total del periodo estudiado, siendo los meses de invierno y primavera cuando se detectaron los mayores niveles. El año 2001 fue el que registró mayores concentraciones anuales superando un índice polínico anual de 821. Por el contrario, el año 2000 fue el año con un menor índice de este tipo polínico, con cerca de un 55% menos que el año 2001. Los dos últimos años presentaron valores medios a los años anteriormente comentados (Fig.4.28).

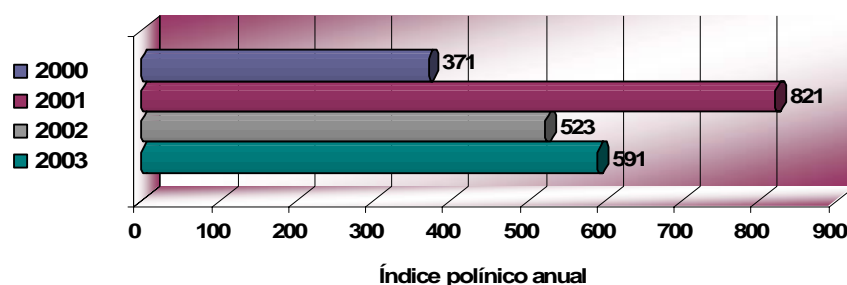


Fig.4.28. Índice polínico anual del tipo polínico *Mercurialis* para los años estudiados.

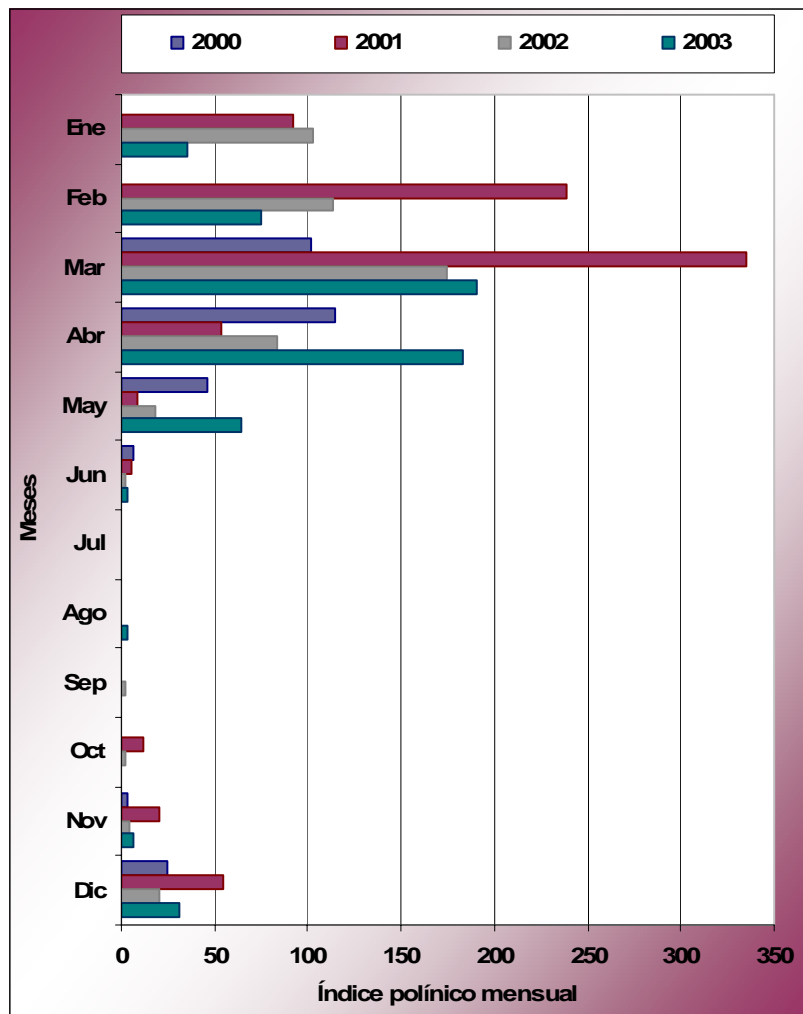


Fig.4.29. Índice polínico mensual del tipo *Mercurialis* durante los años 2000-2003.

En últimos tres años, los índices de polen mensual mostraron sus máximos valores en marzo, con un número similar en el 2002 y 2003, mientras que en el año 2001 los niveles alcanzados en ese mes fueron casi del doble con relación a los años sucesivos llegando a los 335 granos de polen. El año 2000, sin embargo, tuvo su máximo mensual en abril, aunque con escasa diferencia con respecto al índice polínico de marzo. Julio, agosto y septiembre fueron los que menor número de granos de polen tipo *Mercurialis* registraron, con niveles nulos en la mayoría (Fig.4.29).

Si observamos en la figura 4.30 la distribución de las concentraciones diarias podemos apreciar que todos los años estudiados presentaron un pico más importante a principios de año y un pequeño incremento de menor intensidad a finales de dicho año (Fig.4.30). El mayor pico, que sufrió un adelanto en el año 2001, mostró por término general las concentraciones más altas en el mes de marzo, aunque en su evolución fue posible apreciar pronunciados altibajos en la mayoría de los años, coincidiendo los descensos de los niveles polínicos con los periodos lluviosos.

La concentración máxima diaria se alcanzó el 5 de febrero de 2001, seguida por el pico detectado el 30 de marzo de 2003, superándose en ambos casos los 30 granos/m³ a diferencia de los restantes años, donde en ningún día se sobrepasaron los 20 granos/m³ (Tabla 4.23).

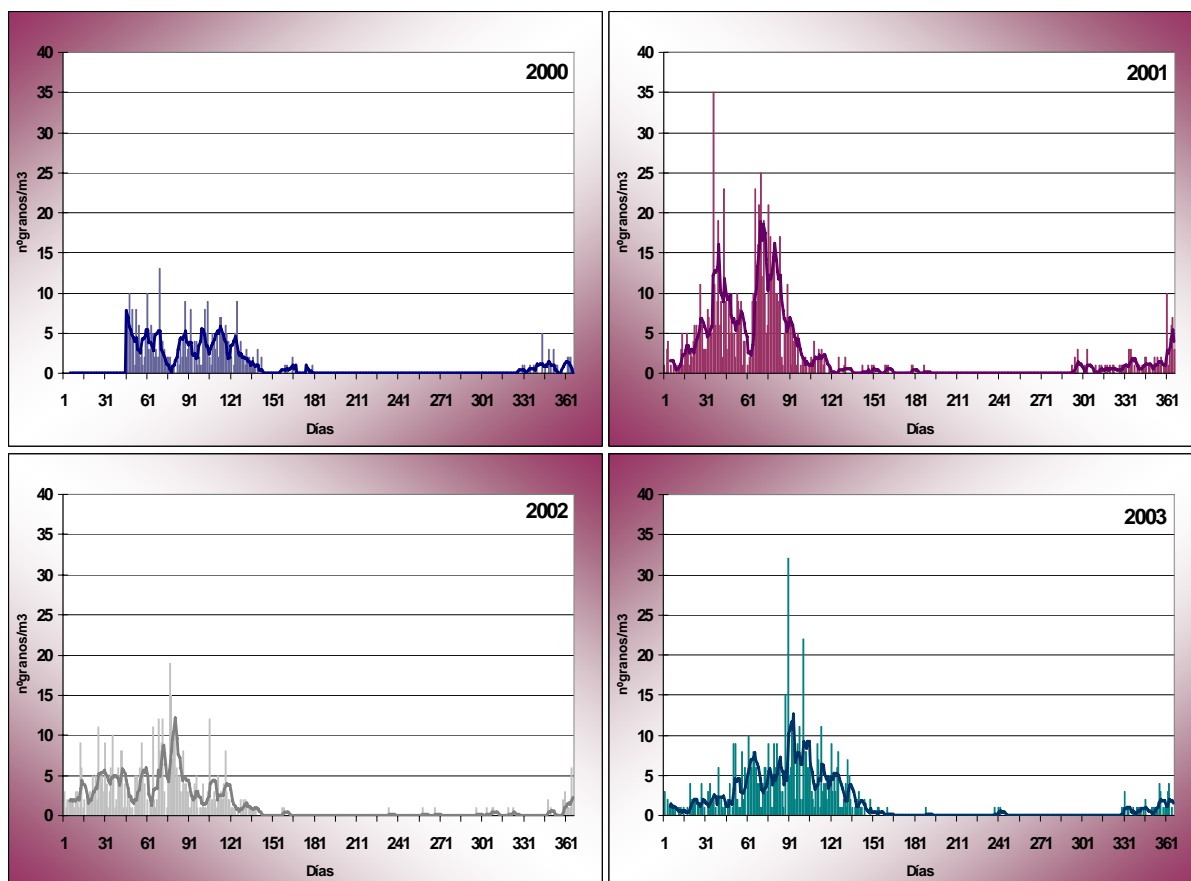


Fig.4.30. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Mercurialis* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

El PPP tuvo una duración de 152 días como media, con una fecha de inicio muy variable, con mes y medio de diferencia entre la más temprana y la más tardía. Las fechas de finalización se aproximaron más entre sí, con un intervalo máximo que no sobrepasa el mes. En los dos últimos periodos (2001-2002 y 2002-2003) se obtuvo el mismo número de granos de polen, siendo superados por el periodo 2000-2001 con aproximadamente el 24% más (Tabla 4.23).

Mercurialis	2000-2001	2001-2002	2002-2003
Dato inicio	108	70	115
Fecha inicio	17-dic	09-nov	24-dic
Dato fin	235	249	261
Fecha fin	23-abr	07-may	19-may
Duración	128	180	147
Día pico	05-feb	17-mar	30-mar
Valor max	35	19	32
Total período	762	582	582

Tabla 4.23. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo *Mercurialis* para cada uno de los periodos de estudio.

Haciendo referencia a la media de las concentraciones semanales de los cuatro años estudiados, se aprecia que las mayores concentraciones se produjeron desde comienzos de año, con la aparición de varios picos sucesivos, hasta caer los niveles de polen alcanzando niveles mínimos a partir de junio (vigésima segunda semana). Tras este descenso, con valores de prácticamente cero, se vuelve a producir un ligero incremento de las concentraciones a finales de año, más concretamente a partir de la segunda quincena de octubre como media (cuadragésimo segunda semana), aunque con concentraciones que no superan los 2 granos/m³ como media semanal.

Las mayores concentraciones medias semanales de todos los años estudiados se registraron desde mediados de febrero (sexta semana) hasta principios de abril (décimo tercera semana) como media (Fig.4.31).

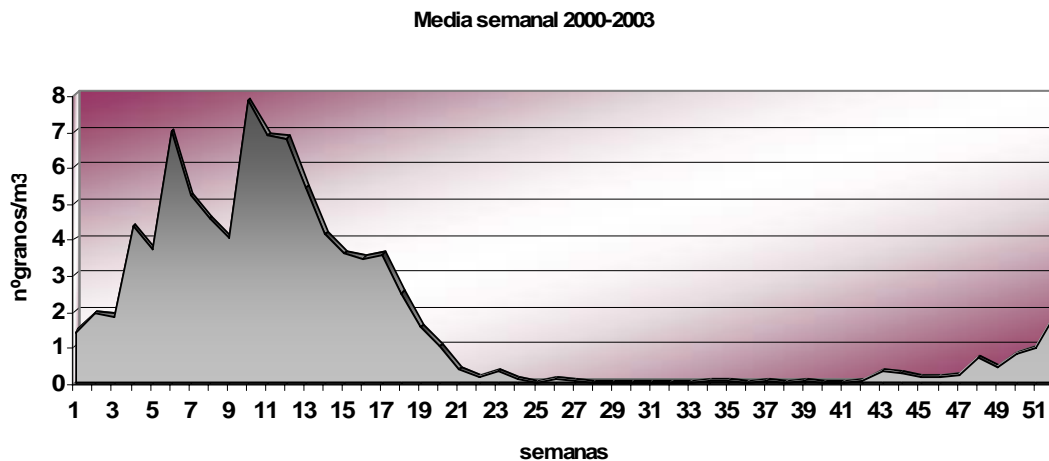


Fig.4.31. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo *Mercurialis*.

Variación intradiaria

Las gráficas que se muestran en la figura 4.32 para cada uno de los años de la distribución horaria de las concentraciones polínicas diarias fueron muy similares, detectándose un mayor porcentaje de polen desde las 10 hasta las 12h aproximadamente en todos los años excepto en el 2002, en el que el máximo de concentración aparece desplazado a la franja horaria que le sigue (desde las 12 hasta las 14h), además de registrarse un pico menor, no alcanzando el 20 % del polen total medio diario, frente a más del 22 % en los restantes años.

El comportamiento general intradiario quedó reflejado en los valores obtenidos del IDI que al igual que lo comentado anteriormente, mostraron unos valores muy parecidos entre sí en todos los años, excepto en el año 2002 que presentó un descenso en el IDI de 0,04 puntos.

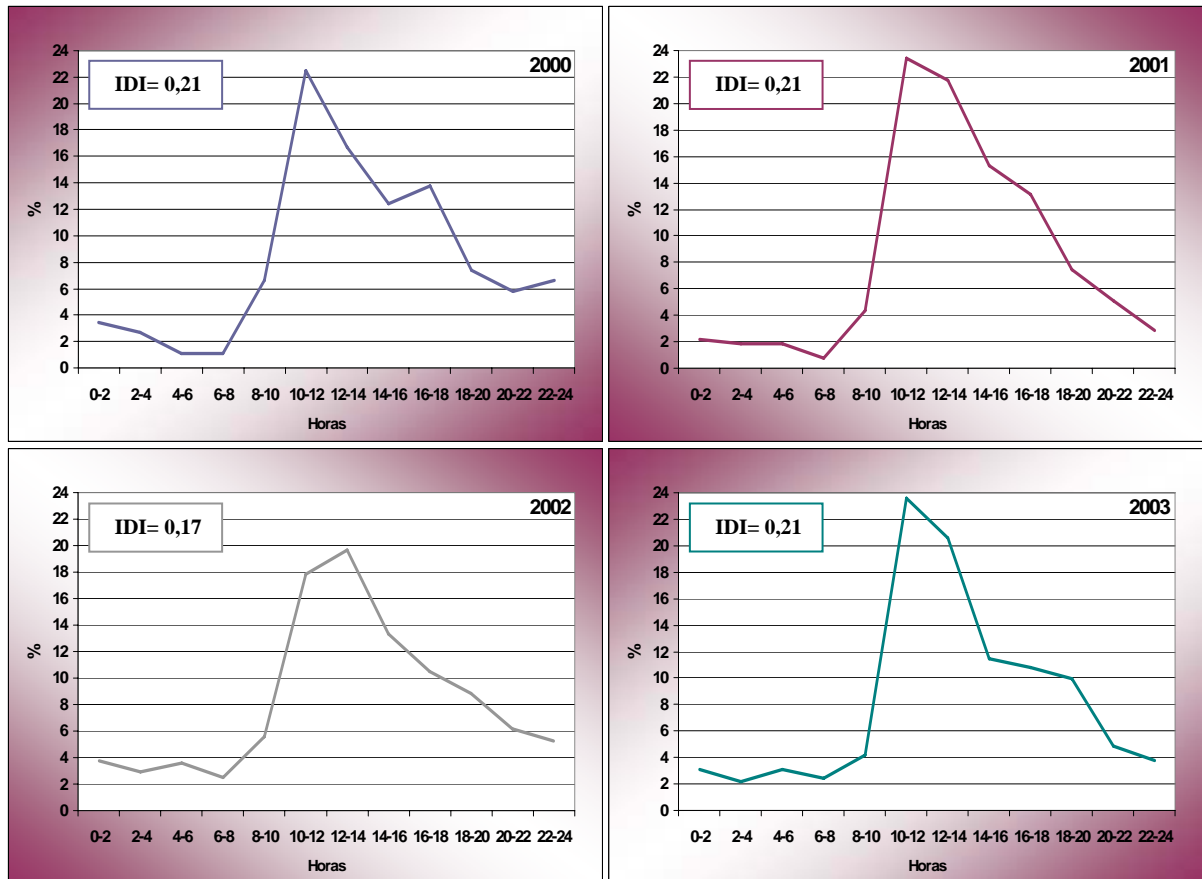


Fig.4.32. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de *Mercurialis* a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Se estableció una correlación positiva y significativa entre las concentraciones polínicas y las temperaturas media y máxima en todos los años, obteniéndose el valor del coeficiente de correlación más elevado con la temperatura máxima. Con la temperatura mínima no aparecieron correlaciones significativas en ningún año, excepto en el periodo 2002-2003, además del periodo conjunto total. En el caso de las precipitaciones se encontraron correlaciones significativas y negativas en todos los casos (Tabla 4.24).

Correlación de Spearman				
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2000-2003
T ^a media	0,319***	0,206**	0,351***	0,291***
T ^a mínima	0,150	-0,041	0,227**	0,102*
T ^a máxima	0,429***	0,361***	0,390***	0,401***
Precipitaciones	-0,283**	-0,230**	-0,264**	-0,252***

Tabla 4.24. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Mercurialis* y los diferentes parámetros meteorológicos. *0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Si dividimos el periodo principal de polinación en prepico y postpico se observa en el prepico una correlación positiva y significativa entre las concentraciones de polen y las temperaturas en muchos casos, sobre todo con la temperatura máxima. Esto no ocurre al analizar el periodo postpico por separado ya que cuando las correlaciones resultaron significativas, éstas fueron negativas. Las correlaciones con las precipitaciones, a pesar de no obtenerse significación estadística en todos los periodos, fueron negativas tanto en el prepico como en el postpico (Tabla 4.25).

	2000-2001		2001-2002		2002-2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
Tª media	0,302*	0,070	0,168	0,114	0,436***	-0,256	0,289***	-0,052
Tª mínima	0,073	0,027	-0,133	-0,084	0,309**	-0,431**	0,069	-0,178*
Tª máxima	0,516***	0,136	0,358***	0,234	0,448***	-0,073	0,419***	0,083
Precipitaciones	-0,409**	-0,117	-0,230**	-0,272	-0,195	-0,399**	-0,252***	-0,257**

Tabla 4.25. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico *Mercurialis* y los diversos parámetros meteorológicos. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

-Análisis de regresión

En el caso de la temperatura, el mayor coeficiente de regresión se registró en el periodo 2000-2001 con un valor de 0,107. Aunque la varianza explicada durante el periodo 2000-2003 por la temperatura máxima no superó el 10%, al realizar ese mismo análisis con el periodo prepico únicamente, ese porcentaje se vio incrementado al 12,7% (Tabla 4.26).

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000-2001	$y = 0,673 T_{max} - 7,326$	0,107	15,144***
2001-2002	$y = 0,377 T_{max} - 3,916$	0,094	18,403***
2002-2003	$y = 0,367 T_{max} - 3,135$	0,064	9,960**
2000-2003	$y = 0,506 T_{max} - 5,517$	0,095	47,615***

Tabla 4.26. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Mercurialis* en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Con el objetivo de encontrar la mejor correlación posible con las concentraciones de días previos se realizaron autocorrelaciones estableciéndose correlaciones significativas para un número considerable de retardos y hallando significación hasta con las concentraciones de polen de dos semanas anteriores como media (Fig.4.33). Sin embargo, en las autocorrelaciones parciales el número

de retardos se redujo considerablemente no sobrepasando las 5 correlaciones significativas. Al considerar el periodo completo, todas las autocorrelaciones simples probadas resultaron significativas con un intervalo de confianza del 95%, aunque el coeficiente fue decreciendo conforme se incrementaba el número de días entre las concentraciones y al igual que los restantes periodos presentaron un número mucho menos de autocorrelaciones parciales significativas. Tras el análisis de los gráficos, se apreció un coeficiente significativo mayor con el día anterior en todos los periodos excepto en el periodo 2002-2003, que presentó una mayor autocorrelación con la concentración de dos días previos. Aunque en principio, en el periodo 2000-2001 apareció una correlación más elevada con las concentraciones de 4 días antes, al realizar las autocorrelaciones parciales, que elimina el efecto producido por los retardos intermedios, los coeficientes variaron presentando un coeficiente mayor el día previo. Las regresiones simples con las concentraciones de los días anteriores presentaron valores de R^2 mayores que con la temperatura, explicando como máximo el 28 % de la variable dependiente en el periodo 2000-2001 (Tabla 4.27). El modelo que considera todo el periodo completo de estudio mejora en relación al logrado con la temperatura máxima como variable predictora, incrementando el porcentaje explicado en un 10% aproximadamente. En este caso, al realizar el análisis de regresión con el prepico, al contrario de lo que sucede con la temperatura se produjo una disminución de la R^2 , no llegando a explicar ni el 5%.

En relación con las ecuaciones simples obtenidas con la D-media se observó un notable aumento, por encima del doble, del valor de los coeficientes de regresión en función de los porcentajes explicados con las concentraciones de los días previos como variable predictora. Así, en el periodo 2000-2001 se logró explicar cerca del 70 % de la varianza de las concentraciones de *Mercurialis*, siendo el valor de R^2 más alto, al igual que sucedió con las ecuaciones en las que se incluyó como única variable independiente la concentración de los días previos. Teniendo en cuenta todo el periodo completo 2000-2003, el porcentaje de varianza explicado ascendió al 41,9 % y aunque las ecuaciones de regresión obtenidas con el periodo prepico para cada uno de los años lograron una mejora del modelo, llegando a explicar en el periodo 2000-2001 casi el 87 % de la varianza de la variable dependiente, al igual que con las concentraciones de días precedentes no se consiguió una mejora en el modelo para dicho periodo completo, decreciendo el valor de R^2 para situarse en 0,384.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración 1 día y 2 días previos	R^2	F	ρ Spearman
2000-2001	$y = 1,922 D - 23,010$	0,698	291,575***	0,774***	$y = 0,528 C_{t-1} + 2,691$	0,279	48,298***	0,696***
2001-2002	$y = 0,781 D + 0,534$	0,452	146,773***	0,695***	$y = 0,464 C_{t-1} + 1,654$	0,216	48,786***	0,505***
2002-2003	$y = 0,708 D + 0,994$	0,195	35,024***	0,446***	$y = 0,306 C_{t-2} + 2,629$	0,094	14,801***	0,401***
2000-2003	$y = 1,108 D - 0,094$	0,419	326,305***	0,639***	$y = 0,450 C_{t-1} + 2,219$	0,202	114,695***	0,543***

Tabla 4.27. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Mercurialis* en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. *** $p \leq 0,001$.

La introducción de más variables a la ecuación apenas logró incrementar el R^2 en 0,072. Si tenemos en cuenta tan sólo el periodo prepico, obtenemos un modelo con un menor valor de R^2 , en el que quedaron excluidas todas las variables independientes introducidas excepto la temperatura máxima y la D-media del periodo prepico 2000-2003 (Tabla 4.28).

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R^2	R^2 corregido	F
$y = 0,928 D + 0,210 C_{t-1} + 0,245 Tmax - 4,903$	0,491	0,488	144,822***

Tabla 4.28. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de *Mercurialis* en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

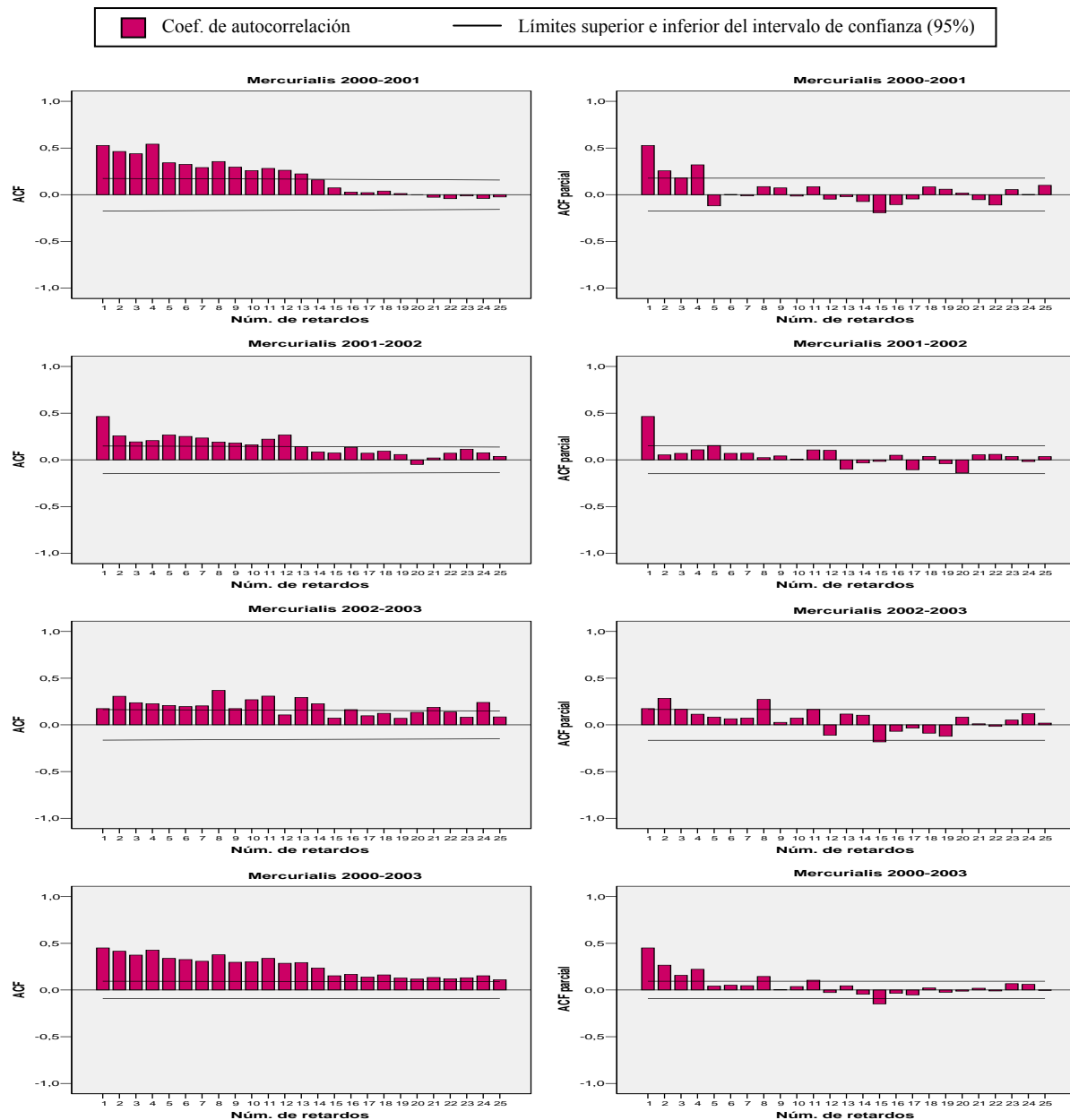


Fig.4.33. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de *Mercurialis* a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

El género *Mercurialis* está compuesto por plantas herbáceas que viven en zonas nitrófilas y ruderales, al pie de muros y solares urbanos entre otras. En nuestra área de estudio también es frecuente la especie *M. tomentosa* L. que vive en estado natural formando parte del matorral. Debido a su polinización anemófila su presencia en la atmósfera es relativamente frecuente desde finales de año hasta comienzos de la época estival.

Tanto el índice anual obtenido como la duración del PPP dista del registrado en otras regiones del norte como Galicia, donde a pesar de que los índices anuales son mucho menores, la presencia de polen en la atmósfera es continua a lo largo de todo el año (Jato *et al.*, 2001b). Los niveles de polen de *Mercurialis* varían en gran medida de unas provincias a otras, siendo Nerja junto con Motril las localidades en las que se detectan los mayores índices anuales de la Península Ibérica. En ciudades como Málaga (Recio *et al.*, 2002c; 2004), Sevilla (Candau *et al.*, 2002b; 2004b) o Tarragona (Belmonte *et al.*, 2002a) también se alcanzaron niveles considerables y una evolución estacional similar. Las diferencias interanuales detectadas en cuanto a las concentraciones polínicas pueden deberse a las variaciones en los parámetros meteorológicos, y especialmente en este caso, al tratarse de plantas herbáceas, al régimen de lluvias en la época otoñal. Así, los años 2001 y 2003 con los niveles de polen más elevados estuvieron precedidos por otoños lluviosos de los años 2000 y 2002, lo que favoreció el desarrollo de estas plantas. Además, el año 2001 que presentó el índice máximo de todo el periodo estudiado, fue el más cálido propiciándose una mayor floración invernal. Por otro lado, el retraso en el comienzo del PPP experimentado en el año 2003 posiblemente estuvo ocasionado por las continuas lluvias registradas durante todo el invierno y parte de la primavera, que dificultaron la liberación del polen a la atmósfera.

Los valores de las concentraciones polínicas detectadas a lo largo de las 24h del día fueron similares a los hallados en Córdoba (Galán *et al.*, 1991), detectándose el pico máximo entre las 10 y las 14 horas, con un incremento máximo del 20% (algo menor en Córdoba) y niveles mínimos durante la noche (desde las 22 hasta las 8h). Por otra parte, hay que destacar el comportamiento tan estable presentado por este tipo polínico durante los 4 años de estudio.

Mientras que todas las correlaciones establecidas en el periodo prepico, tanto con la temperatura como con las precipitaciones mostraron un patrón irregular, a excepción de la observada con la temperatura máxima que resultaron significativas en todos los casos, con relación al periodo postpico se observó que en la mayoría de las correlaciones no se obtuvieron valores significativos. Por un lado, las concentraciones medias diarias no mostraron, por lo general, valores muy elevados, presentando pequeños picos secundarios que se sucedieron a lo largo del PPP. Sin embargo, la temperatura correspondiente a ese periodo pre-primaveral y primaveral mostró una tendencia continua al ascenso. De ahí, que esos continuos incrementos y descensos de las concentraciones polínicas frente a una temperatura que se mantuvo constantemente al alza, no permitiese el establecimiento de

asociación alguna en muchos de los casos. Si nos fijamos con detenimiento en los datos, encontramos que esa falta de correlación está causada principalmente por los días del final del periodo postpico ya que en el inicio sí se produjo una correlación positiva. En esta fase final, el ascenso de la temperatura típica de la época primaveral no apareció asociado a un aumento polínico debido simplemente al estado fisiológico de la planta y del agotamiento de las flores. Algo similar sucedió con las precipitaciones que resultaron no significativas en algunos casos ya que el número de granos de polen al final del PPP decreció a pesar de la ausencia de lluvias. Si tenemos en cuenta el total de los datos muestreados en los tres periodos parece ser que la temperatura máxima presenta una mayor asociación positiva que la mínima, que no resultó significativa en gran parte de los casos, pudiendo mostrar un indicio de mayor influencia de la temperatura máxima durante la época pre-primaveral en la fase prepico. De ese modo, el parámetro meteorológico que presentó una mayor capacidad predictora de las concentraciones de polen de *Mercurialis* fue la temperatura máxima, aunque precedida por la D-media y la concentración del día previo.

Aunque este tipo polínico ha sido descubierto como causante de polinosis en el año 1954 por Alemany-Vall (1955 -sc. Lewis *et al.*, 1983-) en Barcelona, su capacidad alergénica ha sido subestimada y no ha sido hasta hace un par de décadas cuando se han empezado a incrementar los estudios relacionados con este tema (García-Ortega & Belmonte, 2002). Se han reportado casos de alergias causadas por este tipo polínico en la costa mediterránea italiana (Ariano *et al.*, 1993) y en Tarragona (García-Ortega *et al.*, 1992), siendo responsables del 0,9% y 17% de las reacciones alérgicas en pacientes con polinosis, respectivamente. En Málaga Torrecillas *et al.* (1998) encontró un 9% de sensibilizaciones al polen de *Mercurialis* en pacientes con polinosis.

Finalmente, se ha comprobado que presenta reactividad cruzada con otras euforbiáceas como *Ricinus* y otros tipos polínicos como el de *Olea europaea* y determinadas especies de gramíneas (Ariano *et al.*, 1993).

4.2.2.4 Tipo *Olea europaea*

Morfología polínica



Polen trizonocolpado, isopolar, con simetría radial, de suboblado a subprolado y de tamaño pequeño a mediano (22-28 μm de eje polar). De subcircular-lobulado a triangular en vista polar y de circular a ligeramente elíptico en vista ecuatorial. Aberturas simples de tipo colpo de unas 19 μm de longitud y membrana apertural psilada. Exina de 2-2,5 μm de grosor con sexina aproximadamente dos veces más gruesa que la nexina. Tectum parcial e infratectum columelado. La intina está

engrosada en las aberturas formando oncus. Superficie reticulada, con lúmenes irregulares de 1,5-2 μm de diámetro, igual o más anchos que los muros.

Especies más frecuentes: *Olea europaea* L.

Variación estacional

El polen de olivo supuso el 19,4% del índice total del periodo muestreado, aunque el índice anual osciló considerablemente de unos años a otros, presentando los años impares un valor mayor al de los años pares. El año 2000 fue el de menor concentración polínica, registrándose menos del 40% con respecto a la cantidad obtenida en el 2003, año que por otro lado fue el que registró el índice anual más elevado, con un 9 y 38% más que en los años precedentes 2001 y 2002, respectivamente (Fig.4.34).

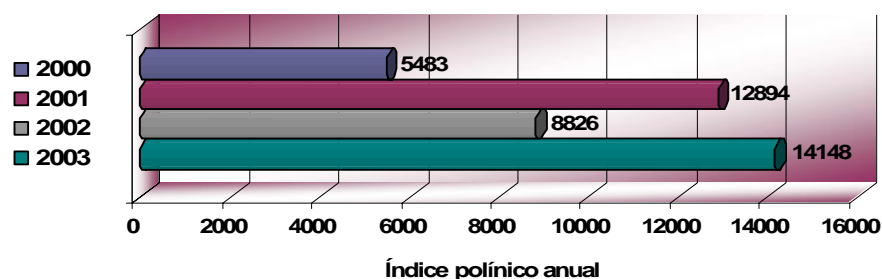


Fig.4.34. Índice polínico anual del tipo polínico *Olea europaea* para los años estudiados.

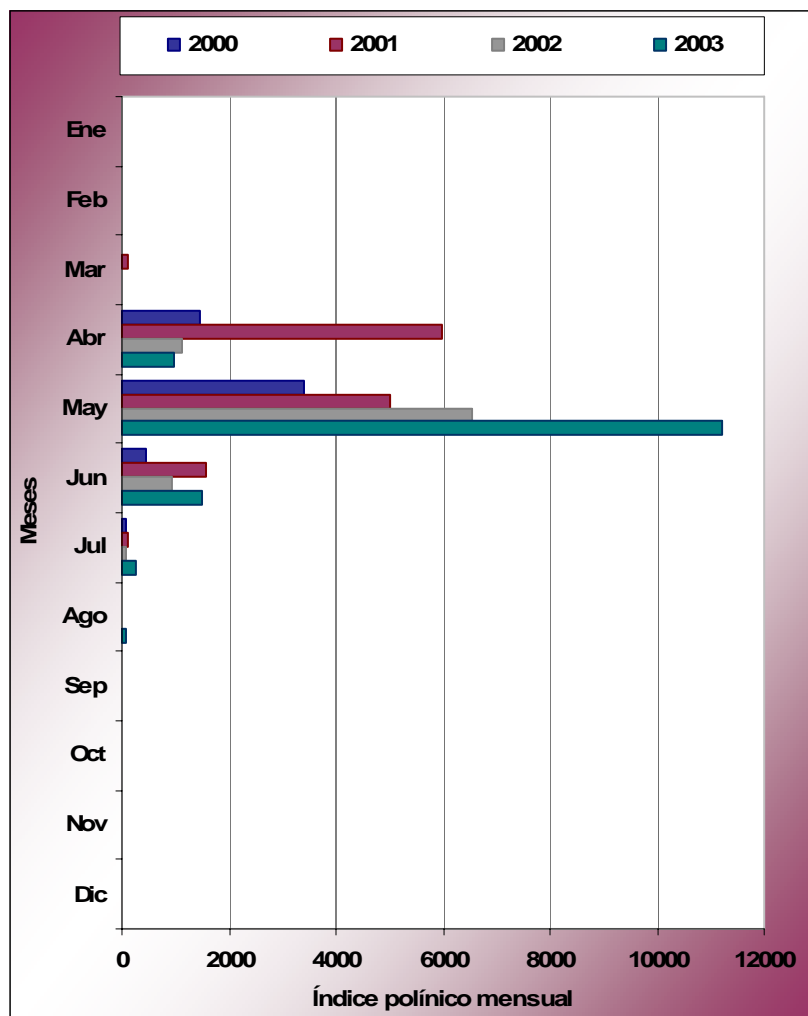


Fig.4.35. Índice polínico mensual del tipo *Olea europaea* durante los años 2000-2003.

granos de polen (Fig.4.35).

La distribución de polen de *Olea* en el tiempo se caracterizó por la aparición de un solo pico en la zona central de la primavera con concentraciones máximas en el año 2003 que casi alcanzaron los 1400 granos/m³ como media diaria el día 24 de mayo (Tabla 4.29). Este pico mostró un adelanto tanto en el año 2001 como en el 2000, año que a su vez fue el que presentó unas concentraciones medias diarias más bajas no superando los 400 granos/m³.

Al igual que sucedió con el índice polínico anual, los mayores niveles diarios de polen se alcanzaron, por término general, en los años impares en relación con los años pares (Fig.4.36). Así, el 2,8 % como media de los días con polen en los años impares superaron los 500 granos/m³, mientras que en los años pares este porcentaje sólo ascendió al 0,2 %.

El 97% del contenido total de polen se concentró en los meses de abril, mayo y junio, siendo mayo el que presentó cantidades mayores en todos los años excepto en el año 2001 que fue superado por abril. El máximo índice mensual se alcanzó en el año 2003 con un valor de 11227, lo que resultó ser más del 79% de la concentración total anual de este tipo polínico para ese año. En los restantes meses, los niveles decayeron drásticamente, siendo marzo y julio del año 2001 los únicos que superaron los 100 granos de polen. En todos los meses se ha detectado la presencia de polen de *Olea*, aunque algunos no superaron los 4

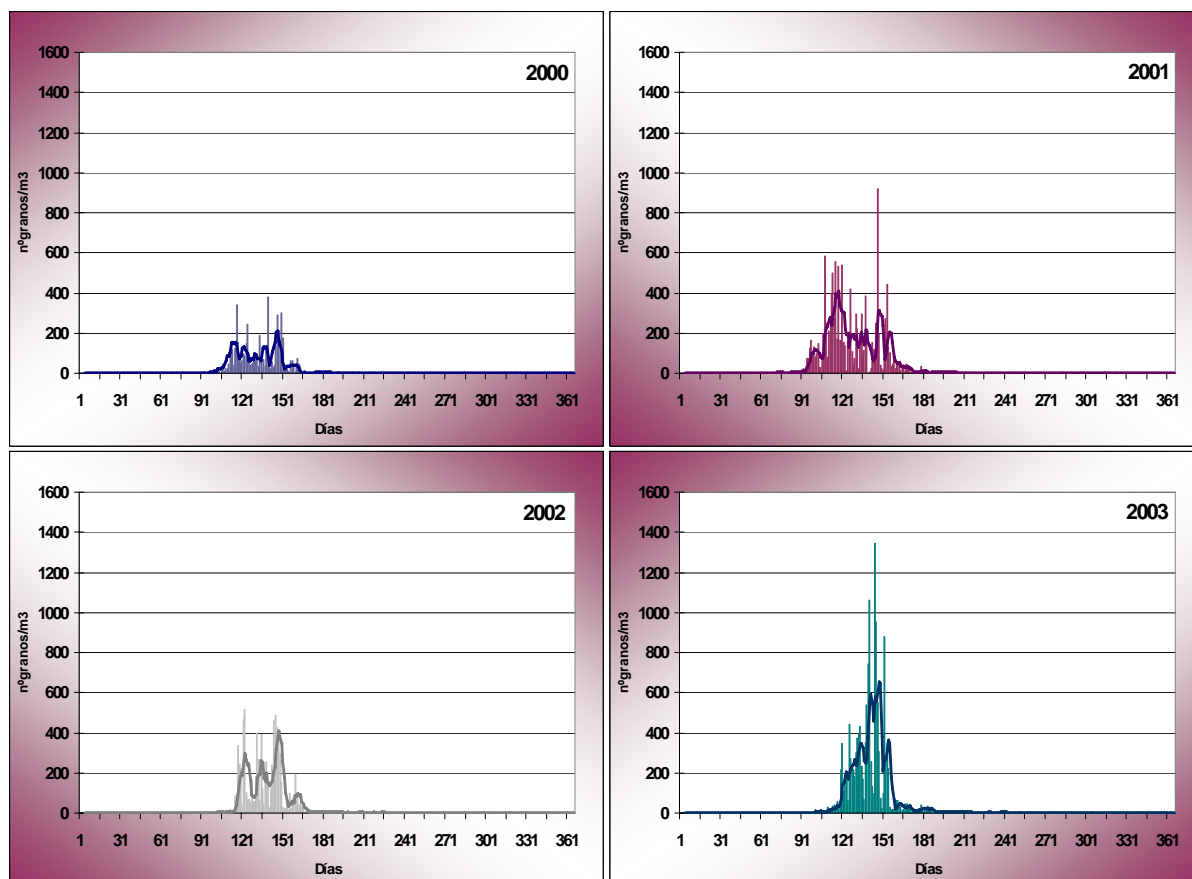


Fig.4.36. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Olea europaea* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP fue de 72 días, con una diferencia entre el año de máxima duración y el de menor de 15 días. La fecha de inicio osciló entre principios y finales de abril, mientras que la de finalización varió desde mediados de junio a principios de julio. El día pico tuvo lugar en mayo en todos los años aunque, osciló desde principios de mes en el año 2002 hasta finales de ese mismo mes en los años 2001 y 2003 (Tabla 4.29).

Olea	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	107	95	115	116
Fecha inicio	16-abr	05-abr	25-abr	26-abr
Dato fin	186	168	179	184
Fecha fin	04-jul	17-jun	28-jun	03-jul
Duración	80	74	65	69
Día pico	19-may	26-may	02-may	24-may
Valor max	381	920	519	1345

Tabla 4.29. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo *Olea europaea* para cada uno de los años de estudio.

Si observamos la media de las medias semanales podemos apreciar que los niveles polínicos comienzan a incrementarse significativamente a partir de la segunda quincena de abril (décimo quinta semana) para descender bruscamente tras el pico de máxima concentración localizado a finales de mayo (vigésimo primera semana) como media, para alcanzar niveles mínimos tras tres o cuatro semanas, a finales de junio o principios de julio (Fig.4.37).

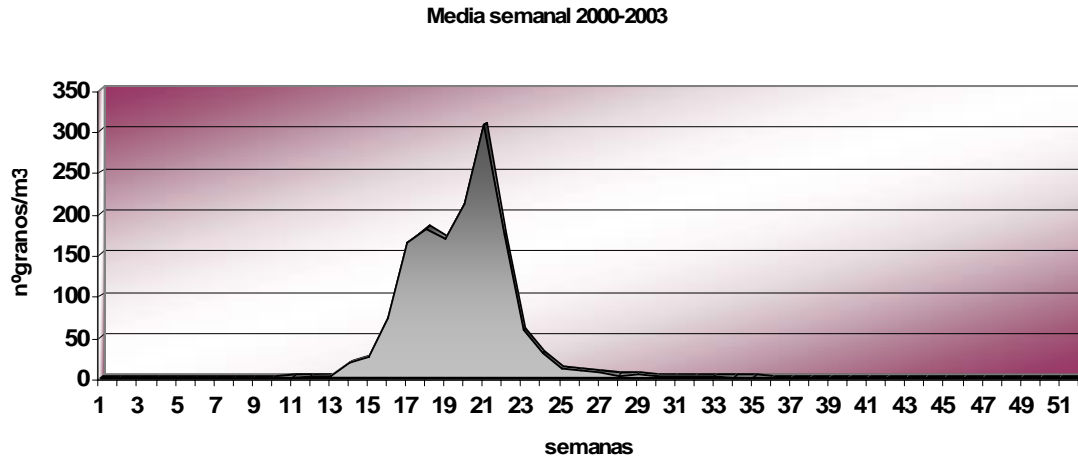


Fig.4.37. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo *Olea europaea*.

Variación intradiaria

La distribución intradiaria muestra una gran homogeneidad mostrando un ligero incremento del IDI en el último año, aunque apenas significativo. En todos los años, excepto en el año 2003, se apreció un pequeño aumento de los niveles polínicos alrededor de medianoche, aunque con una media que no superó el 3%, y con una diferencia máxima del 4%, en el año 2001 (Fig.4.38).

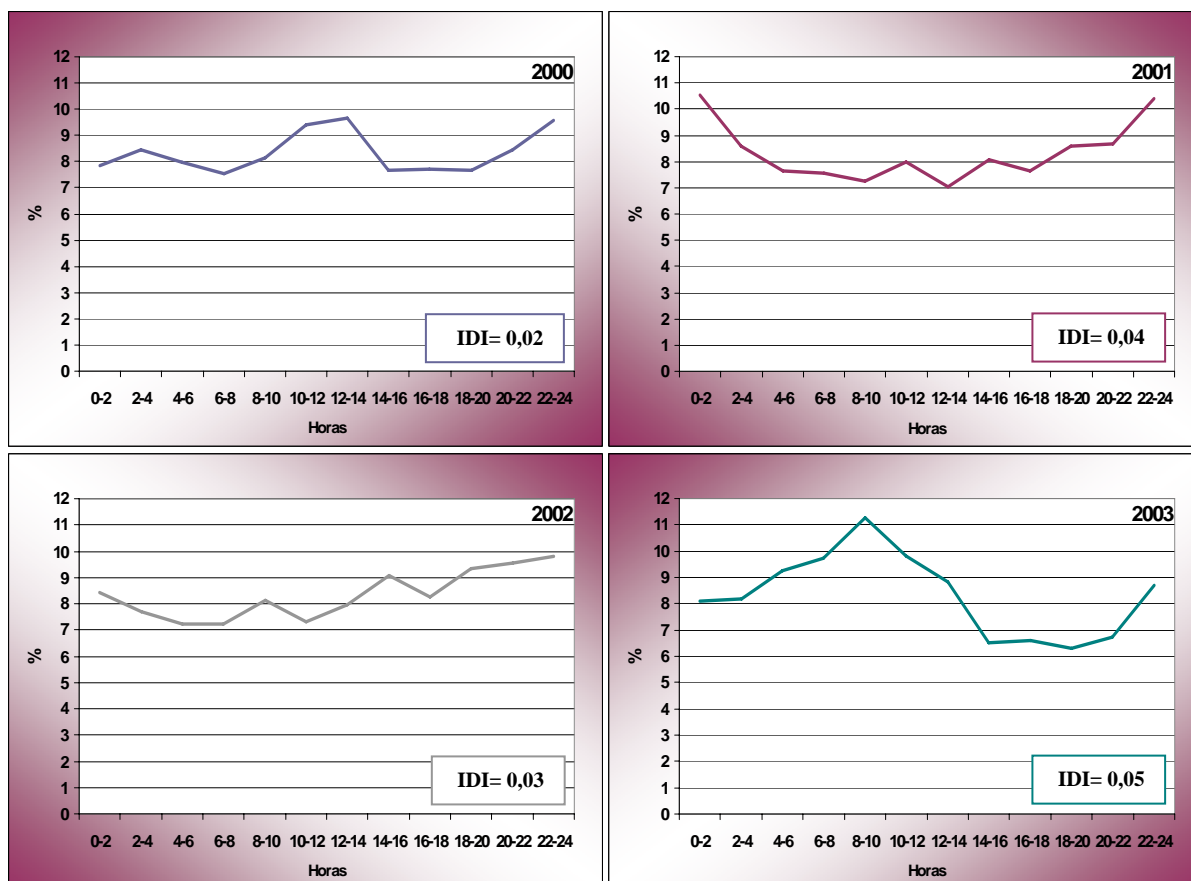


Fig.4.38. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de *Olea europaea* a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Se encontraron correlaciones negativas y significativas con la temperatura, especialmente con la temperatura mínima que fue significativa en todos los años, mientras que la media no lo fue en el año 2001 y la máxima, con las correlaciones menores, tampoco presentó significación en los años 2001 y 2002. Las correlaciones con las precipitaciones no fueron significativas en ningún año.

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
T ^a media	-0,422***	-0,139	-0,445***	-0,595***	-0,374***
T ^a mínima	-0,450***	-0,230*	-0,624***	-0,559***	-0,421***
T ^a máxima	-0,344**	-0,052	-0,209	-0,571***	-0,293***
Precipitaciones	0,146	-0,116	-0,064	0,146	-0,003

Tabla 4.30. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Olea europaea* y los diferentes parámetros meteorológicos.*0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Al considerar el periodo completo, que la correlación más alta (en valores absolutos) se produjo con la temperatura mínima, seguida de la temperatura media, mientras que con las precipitaciones como en las correlaciones anuales, resultó no significativa (Tabla 4.30). El grado de asociación encontrado entre las concentraciones de polen y las temperaturas fueron diferentes en función del año analizado. Mientras que en los años 2000 y 2002 se obtuvieron correlaciones significativas sólo con los periodos postpico, en el año 2001 sucedió lo contrario, siendo el periodo prepico el que mostró valores estadísticamente significativos. Las mayores correlaciones se produjeron en el año 2003, con un valor absoluto medio del coeficiente de correlación cercano a 0,5. Tanto en el 2003 como en los restantes años, siempre que las correlaciones hayan sido significativas, fueron positivas en el prepico y negativas en el postpico.

Las precipitaciones no presentaron correlaciones significativas con las concentraciones polínicas en ningún caso. (Tabla 4.31).

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
Tª med	0,108	-0,480***	0,303*	0,042	0,072	-0,452***	0,482**	-0,524**	0,403***	-0,474***
Tª mín	0,109	-0,531***	0,111	0,163	-0,196	-0,641***	0,450*	-0,429**	0,309**	-0,531***
Tª máx	-0,54	-0,369**	0,408**	0,010	0,233	-0,239	0,464*	-0,531**	0,424***	-0,379***
Precip	0,298	0,132	-0,156	-0,052	-	-0,010	-0,150	-	-0,088	0,087

Tabla 4.31. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico *Olea europaea* y los diversos parámetros meteorológicos. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

A pesar de la ausencia generalizada de significación por la escasez de datos de viento que incluso alcanzan la ausencia total en horas y periodos varios, si observamos las correlaciones establecidas se muestran dos tendencias, una negativa con el viento del conjunto 1^{er} - 2^o cuadrante y otra positiva con el viento del 3^{er} - 4^o cuadrante (Tabla 4.32).

Asimismo, en este caso se ha considerado conveniente la reunificación de todos los datos dentro de cada uno de los grupos definidos en función de los cuadrantes, a pesar de la diferente toma horaria, ya que el IDI obtenido para este tipo polínico fue muy bajo, no existiendo apenas diferencias en la distribución horaria. Esto nos permitió el cálculo de la correlación con un mayor número de datos, por lo que la tendencia mostrada anteriormente se torna significativa, estableciéndose una asociación entre la mayor disminución de los niveles polínicos conforme el viento tiende a proceder del sur, es decir del mar y un incremento polínico cuando cambia a componente norte (del interior).

Correlación de Spearman						
Viento	Hora	2001	2002	2003	2001-2003	2001-2003
1 ^{er} - 2 ^o cuadrante	00	0,372	0,064	-0,057	0,177	-0,307**
	07	-	0,700	-0,537	-0,172	
	13	-0,189	0,866	-0,417	-0,317	
	18	0,109	-0,211	-0,281	-0,377	
3 ^{er} - 4 ^o cuadrante	00	0,470	-0,127	-	0,309	0,272**
	07	-	-0,042	0,544	0,286	
	13	-0,173	0,125	0,464	0,427***	
	18	0,285	0,369*	0,257	0,484***	

Tabla 4.32. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Olea europaea* y la dirección del viento. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

-Análisis de regresión

Las ecuaciones de regresión obtenidas con la temperatura mínima o media dependiendo del valor del coeficiente de correlación, presentaron en el caso de ser modelos significativos, valores de R² muy bajos, siendo el del año 2002 el más elevado explicando el 14% de la varianza de la variable dependiente. Al considerar el periodo completo 2000-2003, se produjo un empeoramiento del modelo (Tabla 4.33). Si se utiliza sólo el periodo postpico de todo el conjunto de años, el modelo mejora aunque ligeramente, con un R² de 0,043.

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000	y = -5,800 Tmin + 164,381	0,050	3,559NS
2001	y = -6,886 Tmin + 266,579	0,014	1,059NS
2002	y = -21,660 Tmin + 479,972	0,140	10,284**
2003	y = -25,700 Tmed + 754,668	0,069	4,942*
2000-2003	y = -8,425 Tmin + 276,596	0,020	5,520*

Tabla 4.33. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Olea europaea* en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, NS no significativo.

Para el análisis de los datos como una serie temporal se realizaron las autocorrelaciones, obteniéndose coeficientes significativos únicamente con el día precedente en los dos primeros años, mientras que en los restantes años a pesar de la existencia de un mayor número de correlaciones significativas, la autocorrelación con el día anterior, o bien fue la única que resultó significativa tras las autocorrelaciones parciales (año 2002) o fue la de un coeficiente más elevado. Al considerar el periodo completo, las autocorrelaciones estadísticamente significativas se incrementaron en gran medida, aunque como en los casos anteriores, fue con el día precedente con el que se obtuvo un

mayor coeficiente de autocorrelación (Fig.4.39). En este caso, al analizar las ecuaciones de regresión con el día anterior se observó, que a pesar de la similitud y los elevados valores de los coeficientes de correlación obtenidos con relación a los de la D-media, los modelos logrados resultaron peores, siendo el del año 2002 el que explicó un mayor porcentaje de la varianza de la variable dependiente con el 35 % (Tabla 4.34).

Al realizar las regresiones con la D-media obtuvimos modelos con un elevado R^2 para los dos últimos años, destacando el porcentaje explicado por la variable predictora en el año 2003, que superó el 65 %. Asimismo, se apreció un incremento de la pendiente a lo largo de los años, produciéndose por lo tanto un mayor ascenso de polen a igual D-media con el transcurso de los años. Si utilizamos todos los datos (2000-2003), al igual que sucede con los años tomados de modo independiente, se obtuvo un valor de R^2 mayor con la D-media como variable independiente, explicando más de un 36 % de la varianza de la concentración de polen, frente al 28 % si se emplea sólo la concentración del día anterior (Tabla 4.34). Se calcularon las ecuaciones de regresión con el periodo postpico lo que no logró una mejora del modelo, alcanzando coeficientes de regresión menores. En cualquier caso, tanto la D-media como la concentración del día previo resultaron mejores variables predictoras que la temperatura (Tabla 4.33).

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000	$y = 0,359 D + 25,824$	0,241	21,270***	0,611***	$y = 0,452 C_{t-1} + 41,680$	0,203	16,806***	0,662***
2001	$y = 0,839 D + 54,139$	0,292	29,682***	0,498***	$y = 0,295 C_{t-1} + 118,053$	0,087	6,738*	0,501***
2002	$y = 0,841 D + 15,998$	0,475	57,080***	0,759***	$y = 0,598 C_{t-1} + 52,035$	0,354	34,030***	0,719***
2003	$y = 1,831 D - 34,611$	0,655	127,162***	0,891***	$y = 0,565 C_{t-1} + 85,749$	0,318	30,796***	0,819***
2000-2003	$y = 0,975 D + 12,338$	0,364	157,343***	0,672***	$y = 0,529 C_{t-1} + 67,333$	0,280	106,400***	0,708***

Tabla 4.34. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Olea europaea* en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. * $0,01 < p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$.

Al introducir las diversas variables independientes en un modelo de **regresión múltiple** por pasos se obtuvo un incremento en el porcentaje explicado, alcanzando el 46 %. Esto se consiguió con la variable D-media, que fue la más influyente, seguidas de la concentración del día anterior y las precipitaciones (Tabla 4.35). En este caso, al dividir el PPP en prepico y postpico tampoco se obtuvieron mejoras en el modelo de predictivo.

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R^2	R^2 corregido	F
$y = 0,763 D + 0,321 C_{t-1} - 13,346 \text{ Prec} - 0,141$	0,464	0,458	78,560***

Tabla 4.35. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de *Olea europaea* en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

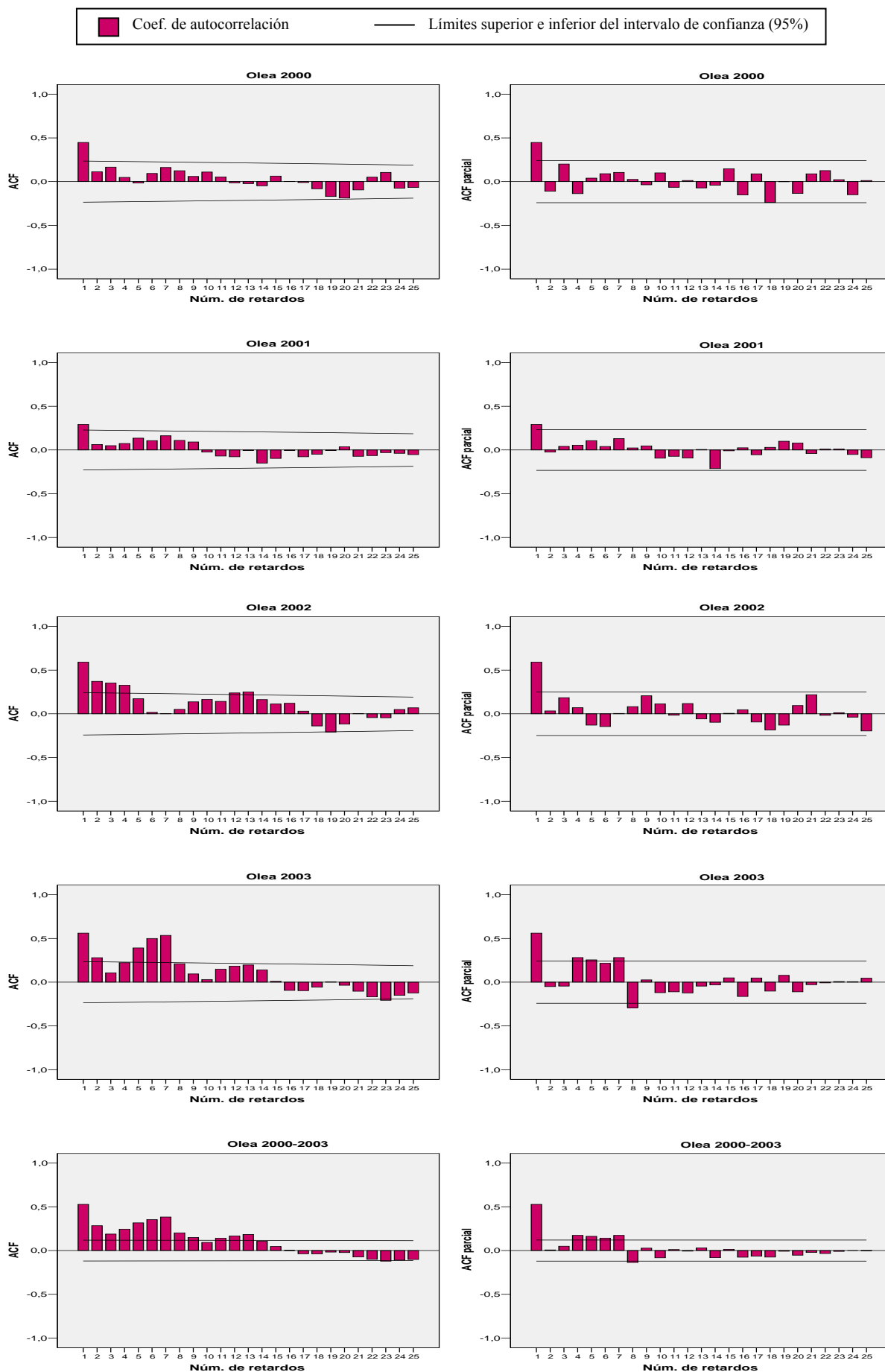


Fig.4.39. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de *Olea europaea* a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

El tipo polínico analizado corresponde a una sola especie ampliamente cultivada en el sur de España y otros países del área mediterránea. Tomando como fuente la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1990-2000), España e Italia son los mayores productores de aceite de oliva con el 32 y 25% de la producción mundial como media, respectivamente. Según datos del Ministerio Español de Agricultura, Pesca y Alimentación, más del 61% de la superficie española destinada al cultivo del olivo en el año 2003 se encuentran en territorio andaluz (1.494.048 ha), donde Málaga posee una superficie cultivada superior a las 126.000 ha.

Esta especie presenta una polinización anfífila, siendo entomófila pero teniendo un fuerte componente anemófilo debido a la alta producción de flores y a la facilidad de transporte del polen, lo que hace, que unido a la gran cantidad de hectáreas dedicadas al cultivo del olivo para la producción de aceite, se alcancen elevadas concentraciones polínicas en la atmósfera, especialmente en el sur de la Península. Así, en ciudades como Córdoba (Alcázar *et al.*, 2004) o Granada (Alba *et al.*, 2004) se registran índices polínicos anuales superiores a 33.000 y 25.000, respectivamente, llegándose incluso a valores cercanos a los 116.000 en Jaén (Ruiz *et al.*, 2004). Los meses en los que en Nerja se detectan las mayores concentraciones coinciden con los de otras ciudades del sur, con máximos entre abril y junio, aunque la aparición de polen es continua durante el año debido a fenómenos de refluencia. En el norte de España, las concentraciones son muy inferiores y los incrementos considerables de los niveles de polen no se producen hasta mayo. Esta fecha se retrasa hasta junio en otros lugares como el centro de Italia (Spiexma *et al.*, 1991; Fornaciari *et al.*, 2000). En Nerja se alcanzan niveles algo inferiores a los obtenidos en Málaga (Recio *et al.*, 2002; 2004) que recibe mayor influencia de la zona antequerana y en donde los niveles son más elevados (Recio *et al.*, 2000), ocupando el segundo y primer lugar por orden de abundancia entre los tipos polínicos registrados en cada una de las estaciones de muestreo, respectivamente. Sin embargo, al igual que en Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), la evolución diaria del polen de *Olea* en Nerja se caracterizó por la aparición de varios picos sucesivos con acusados altibajos que no aparecen en otras ciudades andaluzas como Jaén o Granada. La existencia de esos picos puede ser explicada por el posible desfase en la liberación del polen de las diversas variedades de olivo cultivadas y por las diferentes zonas de procedencia de dicho polen ya que cuando el viento tiene componente norte, favorece el transporte de polen de olivo de zonas interiores de la comarca de Antequera e incluso de otras provincias (Jaén y Córdoba) con floración más tardía en relación a otros de la zona oeste de la Axarquía. Otro factor que influye en la cantidad de polen detectado en la atmósfera de Nerja es la menor amplitud de terreno destinado al cultivo del olivo en esta comarca, produciéndose, por lo tanto, una disminución considerable en los niveles detectados, al igual que cuando el viento procede del mar como queda reflejado en las correlaciones establecidas entre las concentraciones polínicas y este parámetro meteorológico. En Málaga sucede algo similar, diferenciándose de ciudades del interior como Jaén que están rodeadas de olivos y la

influencia del viento es menor. Esta aparición de picos sucesivos ha sido descrita también en Córdoba por Fornaciari *et al.* (2000).

Otro aspecto a destacar es la diferencia interanual detectada en los índices de polen, registrándose concentraciones mucho mayores en los años impares. Este fenómeno ya ha sido descrito por otros autores como Emberlin *et al.* (1990), Díaz de la Guardia *et al.* (2003) o Recio (1995) que apuntó como causa de estas diferencias a la alternancia bianual presentada por algunos taxones arbóreos. Otros factores que parecen tener una gran importancia son las lluvias durante la fase de crecimiento vegetativo (Recio *et al.*, 1996a) y la temperatura del periodo previo a la floración (Frenguelli *et al.*, 1989; Galán *et al.*, 2001a; Galán *et al.*, 2005). Así, en nuestro estudio, mientras que 2001 fue el año en el que se produjo un inicio del PPP más temprano coincidiendo con el año más cálido, el 2003, con las temperaturas más bajas de todos los años muestreados, mostró un atraso en el incremento de las concentraciones polínicas en la atmósfera.

El comportamiento intradiario observado en Nerja es similar al que presenta el polen de olivo en Málaga capital (Trigo *et al.*, 1997), con un IDI bajo y con ligeros incrementos en las concentraciones durante la noche o a primeras horas del día. Este aumento polínico durante la madrugada pudo estar ocasionado por el transporte a larga distancia desde zonas del interior que puede verse favorecido por el efecto contrabrisa que se produce en las localidades costeras (Trigo *et al.*, 1997; Gassmann *et al.*, 2002). Esto difiere del patrón descrito por Galán *et al.* (1991) en otra ciudad andaluza pero del interior como es Córdoba, donde sí se aprecia una mayor heterogeneidad en las concentraciones de polen a lo largo del día con un mayor incremento polínico en las horas de sol.

Al establecer correlaciones de las concentraciones de todo el PPP con las temperaturas, éstas fueron negativas. Como se ha comentado previamente, la curva de distribución del polen de olivo sufre numerosos altibajos ocasionados por las mayores o menores cantidades polínicas que vengan transportados por el viento en función de la dirección. Así, el viento del norte conllevará un incremento de las concentraciones pero a su vez una bajada de las temperaturas por ser zonas del interior aún más frías que la costa, pudiendo explicar en parte el signo negativo de dichas correlaciones.

Mientras que en el prepico del año 2000 no se encontraron asociaciones significativas con la temperatura, lo mismo sucedió con el postpico del año siguiente, debido a los continuos ascensos y descensos de las concentraciones polínicas. Tampoco se hallaron correlaciones significativas en el periodo prepico del año 2002, en este caso debido al temprano pico máximo de concentración que sólo nos permitió un análisis de 8 datos. Las mayores correlaciones se produjeron en el año 2003, por ser un año con un comportamiento más constante con un solo periodo importante de subida y otro de bajada de los niveles de polen sin tantos altibajos como en los restantes años. Tanto en el 2003 como en los restantes años, siempre que las correlaciones hayan sido significativas, fueron positivas en el prepico, coincidiendo con el ascenso de las temperaturas del periodo primaveral y negativas en el postpico por el descenso polínico a pesar de que las temperaturas aún seguían elevándose. Las

precipitaciones no presentaron correlaciones significativas con las concentraciones polínicas en ningún caso, debido posiblemente a su escasez, no pudiéndose establecer en dos ocasiones simplemente por la ausencia de lluvias.

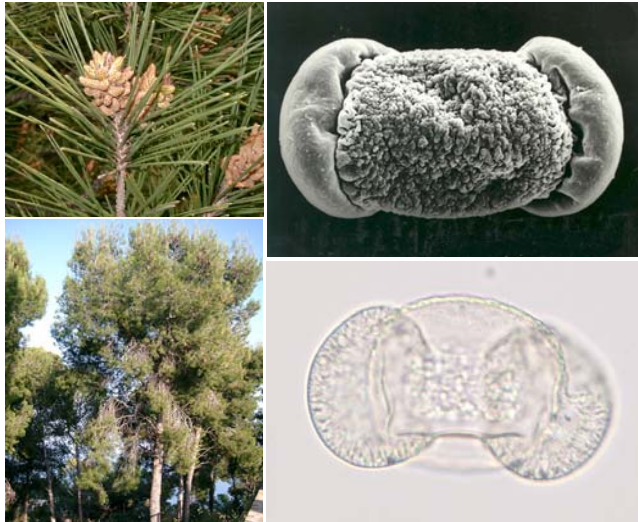
Han sido muchos los trabajos publicados sobre modelos de pronóstico tanto de las concentraciones medias diarias como del inicio del periodo de polinación y días pico (Frenguelli *et al.*, 1989; Recio *et al.*, 1997a; Galán *et al.*, 2001a; Galán *et al.*, 2001b; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2004a; Alba *et al.*, 2006; Ribeiro *et al.*, 2006). En nuestro caso la D-media y la concentración del día precedente fueron las variables que explicaron mayor porcentaje de varianza de las concentraciones medias diarias.

El poder alergénico del polen de olivo ha sido ampliamente estudiado y es el responsable de un gran porcentaje de polinosis en el área mediterránea (Bousquet *et al.*, 1984; D'Amato & Spieksma, 1992), siendo uno de los alérgenos más importantes en el sur de la Península por las elevadas concentraciones alcanzadas y el alto número de personas alérgicas (Domínguez *et al.*, 1993). En Israel se ha establecido un nivel mínimo de entre 2-4 granos/m³ como media semanal para el inicio de sintomatología en personas alérgicas (Waisel *et al.*, 2004). Sin embargo, en zonas con un índice polínico mucho más elevado como Jaén, este nivel debe elevarse hasta los 400 granos/m³ para que pacientes monosensibles muestren ligeros síntomas de rinitis (Florido *et al.*, 1999). En Madrid (Subiza *et al.*, 1995) y en Burgos (Carretero *et al.*, 2005) el 61 y 36%, respectivamente, de los pacientes sometidos a un prick test dieron resultados positivos, mientras que en Toledo ese porcentaje se incrementó hasta cerca del 83% (Moral *et al.*, 1998). En Roma más del 16% de los pacientes atópicos presentaron sintomatología alérgica a este tipo polínico (Grilli *et al.*, 2002). En Málaga constituye el alérgeno polínico más importante ya que el 69% de pacientes con polinosis presentaron pruebas cutáneas positivas (Torrecillas *et al.*, 1998).

El polen de *Olea* presenta una compleja mezcla de proteínas alergénicas donde apenas se han descrito la mitad de las 20 bandas detectadas en extractos (Conde *et al.*, 2002), siendo el principal alérgeno la *Ole e 1*. Este polen presenta reactividad cruzada con otros pólenes pertenecientes a géneros de la misma familia como *Fraxinus* y *Ligustrum* así como con polen de varias especies de gramíneas, *Artemisia vulgaris* y *Betula verrucosa* (González *et al.*, 2000).

4.2.2.5 Tipo *Pinus*

Morfología polínica



Polen monoanaleptomado, heteropolar, con simetría bilateral, de peroblado a oblado y tamaño grande, con dos vesículas aeríferas laterales. En vista ecuatorial, corpus planoconvexo y sacos casi circulares; en vista polar, corpus casi circular y sacos elípticos. Abertura de tipo leptoma. Exina de 2-5 μm de grosor en el polo proximal y sexina aproximadamente dos veces más gruesa que la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado en la cúpula del corpus y alveolar en los flotadores. Superficie del corpus granulado-verrugosa, mientras que la del polo distal y de los flotadores es psilado-perforada.

Especies más frecuentes: *Pinus halepensis* Miller, *P. pinea* L., *P. pinaster* Aiton.

Variación estacional

El polen de *Pinus* es el más abundante en la atmósfera de Nerja y supuso un 24,1% del índice total durante el periodo estudiado. Los índices polínicos anuales mostraron valores similares en los últimos tres años, no siendo así en el año 2000, ya que la cantidad detectada representó menos de la mitad (44%) de media de los restantes años. Entre estos, las máximas diferencias apenas superan el 10% (Fig.4.40).

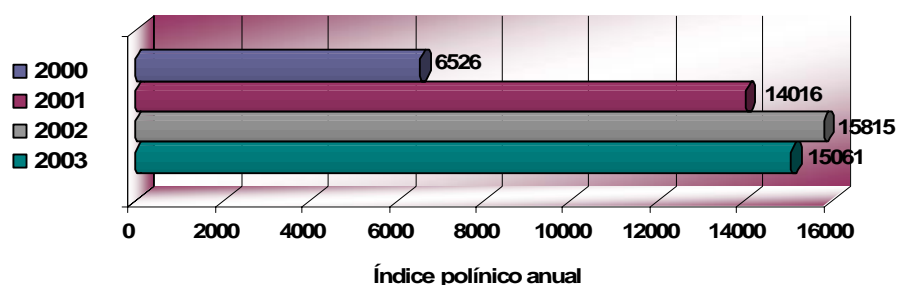


Fig.4.40. Índice polínico anual del tipo polínico *Pinus* para los años estudiados.

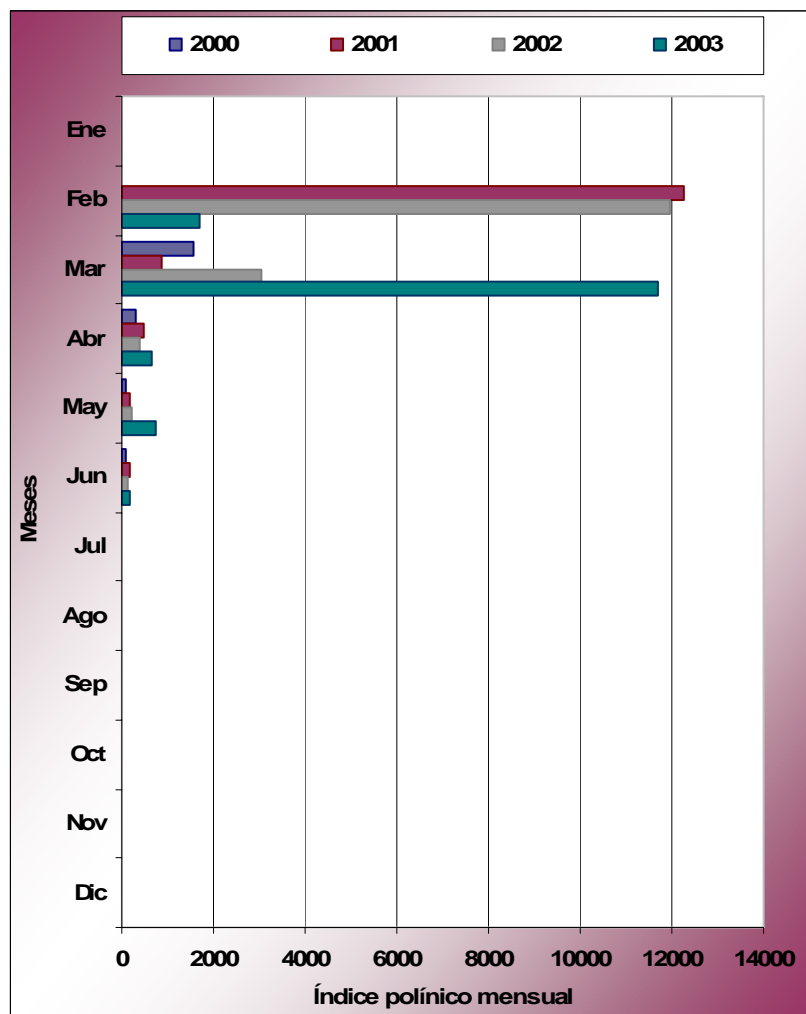


Fig.4.41. Índice polínico mensual del tipo *Pinus* durante los años 2000-2003.

Durante los años 2001 y 2002 los mayores índices polínicos mensuales se registraron en febrero, mientras que tanto en el 2000 como en el 2003 lo mayores niveles se alcanzaron en marzo. Febrero de 2001 fue el que presentó los mayores índices polínicos, con un valor de 12247, lo que representó más del 87% del total anual. Los meses de julio a diciembre constituyeron el periodo en el que se hallaron menores niveles de polen, con valores que oscilaron entre los 2 y los 56. Dicho periodo apenas representó el 1% como media de la cantidad total anual.

En cuanto a la distribución de las concentraciones medias diarias de polen a lo largo de los diferentes años, tras la aparición en el mes de febrero del polen de *Pinus* en la atmósfera, los niveles se incrementaron rápidamente hasta alcanzar sus picos máximos, que tuvieron lugar a mediados de febrero aproximadamente en todos los años, a excepción del año 2003 en el que el día pico sufrió un retraso, apareciendo a principios de marzo. A partir de ese momento, las concentraciones decrecieron bruscamente, manteniéndose en niveles mínimos durante el resto de la primavera.

Los máximos diarios obtenidos durante este periodo fueron similares en los tres últimos años, con valores que se acercaron o incluso sobrepasaron los 1600 granos/m³ como sucedió en los años 2001 y 2002. Sin embargo, en el año 2000, los niveles registrados fueron inferiores, sin llegar a los 1000 granos/m³ (Fig.4.42).

El número de días con presencia de polen de *Pinus* osciló entre los 204 en el año 2001 y los 223 en el año 2003. Esta cifra disminuyó en el año 2000, reduciéndose hasta los 160 días debido a la ausencia de datos a comienzos de año, cuando ya había dado comienzo el periodo de polinación.

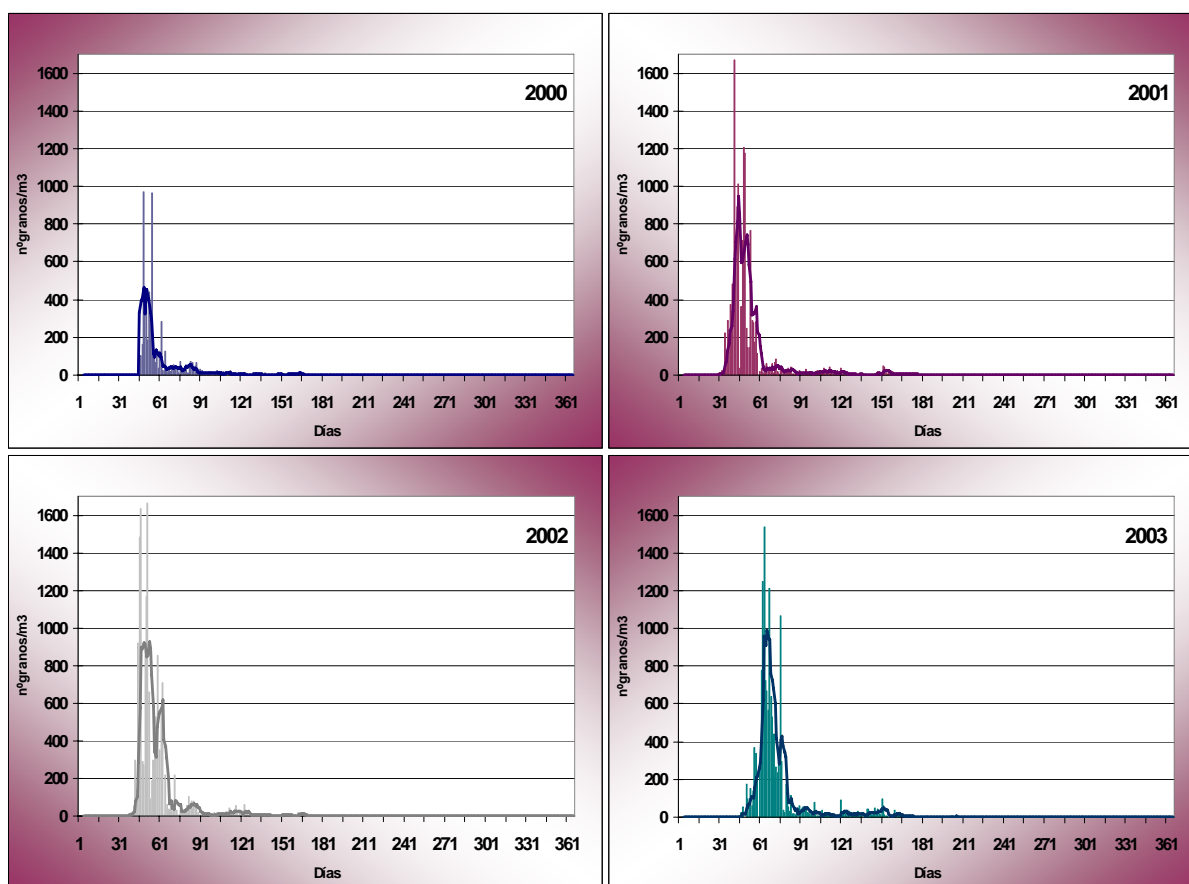


Fig.4.42. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Pinus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP fue de 93 días aunque osciló bastante de unos años a otros alcanzando incluso una diferencia de 25 días entre el año 2001 y el siguiente. Esa variación también se observa en la fecha de inicio, aunque en todos los casos se produjo en el mes de febrero. Lo mismo podría decirse de la fecha de finalización ya que fue desde el 1 de mayo en el año 2002 hasta el 30 del mismo mes en el año siguiente (Tabla 4.36).

Pinus	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	47	35	43	52
Fecha inicio	16-feb	04-feb	12-feb	21-feb
Dato fin	136	138	121	150
Fecha fin	15-may	18-may	01-may	30-may
Duración	90	104	79	99
Día pico	18-feb	11-feb	21-feb	04-mar
Valor max	970	1669	1662	1537

Tabla 4.36. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del *Pinus* para cada uno de los años de estudio.

En general, al analizar las concentraciones medias semanales, se apreció que desde que se produce el rápido ascenso de las concentraciones hasta el pico máximo transcurren unas dos semanas que se corresponden con las tres primeras semanas de febrero aproximadamente, mientras que el post-pico se prolonga a lo largo de unas cinco semanas, hasta finales de marzo. A partir de ahí, las concentraciones se mantienen en niveles mínimos a lo largo de unas catorce semanas como media, haciéndose nulas a partir de principios de junio (Fig.4.43).

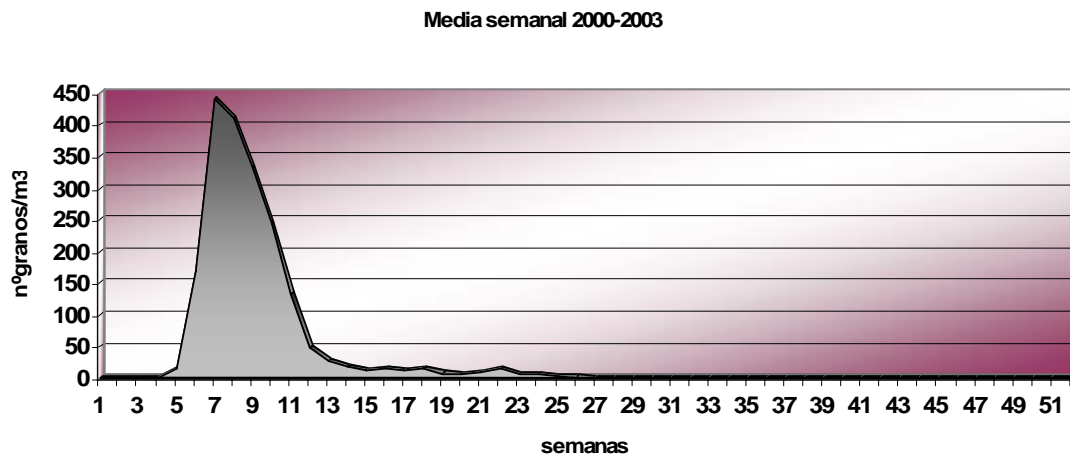


Fig.4.43. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo *Pinus*.

Variación intradiaria

En las gráficas de la figura 4.44 se puede apreciar un notable incremento de la concentración polínica, que sigue un patrón muy similar en todos los años de muestreo, especialmente durante las horas centrales del día, alcanzando su pico máximo entre las 12.00 y las 14.00h, con el 25 % como media de la cantidad total del día, aunque dicho incremento se pudo observar desde las 8.00h, donde comienza el aumento del porcentaje de polen hasta alcanzar su valor más elevado al mediodía, para iniciar un descenso progresivo hasta las 18.00h, aproximadamente.

Los valores de IDI oscilaron entre 0,18 en el año 2002 y 0,24 en los dos primeros años de muestreo, mostrando la heterogeneidad en la distribución horaria del polen en la atmósfera ya que durante más de la mitad del día, las concentraciones acumuladas cada dos horas no superaron el 6 % en el 2002, siendo incluso más bajas en los restantes años donde apenas superaron el 4 %.

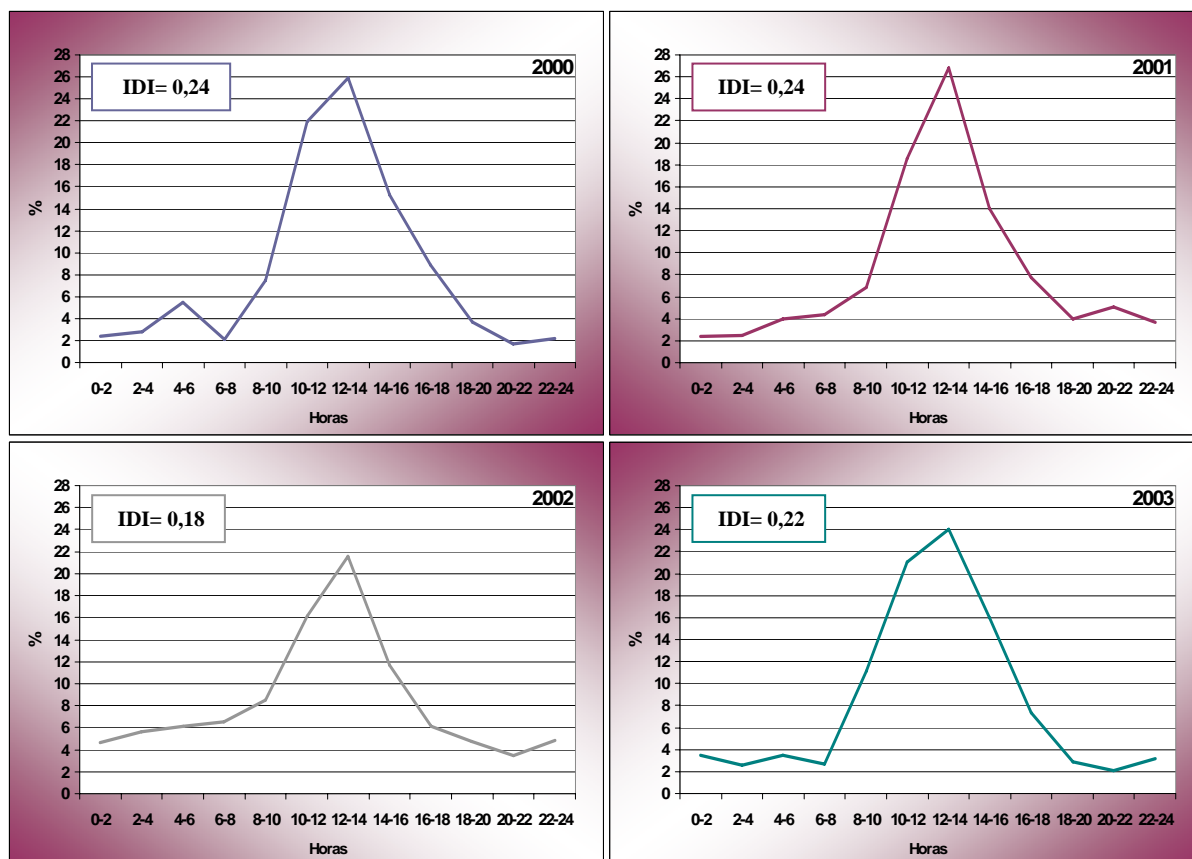


Fig. 4.44. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de *Pinus* a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Todas las correlaciones significativas fueron negativas, tanto con la temperatura como con las precipitaciones. La correlación más alta se produjo con la temperatura mínima en todos los años ya que tuvo una tendencia mayor al incremento con relación a la temperatura máxima. Las precipitaciones se correlacionaron negativamente y de forma significativa en todos los años excepto en el 2001 (Tabla 4.37).

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
T ^a media	-0,327**	-0,414***	-0,167NS	-0,337**	-0,313***
T ^a mínima	-0,449***	-0,470***	-0,327**	-0,362***	-0,365***
T ^a máxima	-0,149NS	-0,286**	0,028NS	-0,251*	-0,190***
Precipitaciones	-0,467***	0,152NS	-0,387***	-0,211*	-0,223***

Tabla 4.37. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Pinus* y los diferentes parámetros meteorológicos. *0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Las correlaciones entre las temperaturas y las concentraciones de polen durante el prepico no se mostraron significativas, a excepción de la correlación con la temperatura máxima en el año 2003. En cuanto a la variable precipitación, tuvo el mismo comportamiento que la temperatura, manifestando correlaciones negativas significativas sólo en el periodo postpico. En el postpico, la temperatura mínima fue la que presentó un mayor coeficiente de correlación (siempre negativo), mientras que la temperatura máxima sólo mostró coeficientes significativos en el año 2001. Si consideramos todo el periodo de muestreo en conjunto, vemos que tampoco en este caso con la temperatura máxima se obtuvo correlación significativa (Tabla 4.38).

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
Tª med	-0,294	-0,398***	0,327	-0,327**	0,222	-0,031	0,438	-0,260*	0,227	-0,157**
Tª mín	0,468	-0,521***	0,398	-0,379***	0,165	-0,241*	0,197	-0,272*	0,185	-0,257**
Tª máx	-0,393	-0,191	-0,048	-0,237*	0,209	0,167	0,681*	-0,186	0,263	-0,028
Precip	-	-0,436***	-0,187	0,164	-	-0,333**	-0,404	-0,281**	-0,302	-0,345***

Tabla 4.38. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico *Pinus* y los diversos parámetros meteorológicos. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Aun considerando el conjunto de datos correspondientes a los dos años de los cuales se poseen valores de viento, no se han encontrado correlaciones significativas, debido en parte a la escasez de datos y a otros factores comentados anteriormente en otros tipos polínicos que hace que la elección de datos sea un poco sesgada. De todos modos puede observarse una tendencia hacia correlaciones positivas cuando el viento procede del NW-N-NE y negativas cuando toma dirección SW-S-SE (Tabla 4.39).

Este fenómeno se aprecia en el año 2001 con correlaciones significativas con los datos procedentes de las 18h. Sin embargo, en el siguiente año, que también presentó análisis de correlación significativos con los valores de las 13h, el signo de dichas correlaciones fue el opuesto, es decir positivas con el 1^{er} - 2^o cuadrante y negativas con el 3^o - 4^o.

Correlación de Spearman					
Viento	Hora	2001	2002	2003	2001-2002
1 ^{er} - 2 ^o cuadrante	00	-0,218	-0,165	-	-0,179
	07	-	-0,173	-	-0,173
	13	0,200	1,000**	-	-0,039
	18	-0,660*	0,308	-	-0,258
3 ^{er} - 4 ^o cuadrante	00	0,046	-0,501	-	-0,072
	07	-	0,346	-	0,346
	13	0,285	-0,401*	-	0,008
	18	0,642**	0,299	-	0,267

Tabla 4.39. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas y la dirección del viento. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01.

-Análisis de regresión

Las ecuaciones lineales obtenidas al introducir la temperatura mínima o no fueron significativas o bien presentaron un valor de R^2 bajo, siendo el año 2001 el de coeficiente mayor, explicando tan sólo el 13,4 % de la varianza de las concentraciones de polen (Tabla 4.40). Al considerar sólo el periodo postpico, los coeficientes de correlación se tornaron significativos y se incrementaron ligeramente en cada uno de los años aunque el máximo valor fue de 0,144. Sin embargo, dicho coeficiente decreció al utilizar los postpicos del periodo completo 2000-2003.

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R^2	F
2000	$y = -8,508 T_{min} + 163,523$	0,010	0,902NS
2001	$y = -43,181 T_{min} + 629,515$	0,134	15,793***
2002	$y = -48,026 T_{min} + 720,479$	0,074	6,134*
2003	$y = -21,421 T_{min} + 423,563$	0,039	3,947*
2000-2003	$y = -26,368 T_{min} + 441,157$	0,051	19,755***

Tabla 4.40. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Pinus* en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Tanto en las autocorrelaciones simples como parciales realizadas, se obtuvo un mayor grado de asociación con el día anterior. Aunque se produjo un mayor número de autocorrelaciones significativas en las simples, con una media de 13, en el que el valor de los coeficientes iba descendiendo gradualmente conforme se incrementaba el número de retardos, éste se redujo en gran

medida en las parciales, bajando a 4 por término medio. El mayor coeficiente de autocorrelación se registró en el año 2002, con un valor de 0,78 (Fig.4.45).

Las regresiones calculadas con el día previo mostraron una mejora del modelo, respecto a los logrados con la temperatura como variable predictora, que a su vez fueron aumentando el porcentaje de varianza explicado con el transcurso de los años para establecerse en el año 2003 el mayor coeficiente de regresión con un valor de 0,609. Con los datos del periodo completo se consiguió un modelo que explica la mitad de la varianza de las concentraciones (Tabla 4.41).

En cuanto a las ecuaciones con la D-media, cabe mencionar que a pesar de la similitud de los coeficientes de correlación obtenidos, presentaron coeficientes de regresión menores que en el caso del día anterior en todos los años excepto en el 2000, donde el porcentaje explicado se incrementó en un 15,5 %. El modelo con todos los datos del periodo de estudio fue peor que el logrado con la concentración del día precedente.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R ²	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R ²	F	ρ Spearman
2000	$y = 0,652 D + 0,269$	0,394	57,266***	0,726***	$y = 0,489 C_{t-1} + 34,943$	0,239	27,290***	0,763***
2001	$y = 1,101 D - 7,247$	0,430	77,102***	0,744***	$y = 0,672 C_{t-1} + 41,182$	0,451	82,889***	0,784***
2002	$y = 1,322 D + 2,846$	0,401	51,626***	0,777***	$y = 0,725 C_{t-1} + 50,187$	0,525	83,950***	0,766***
2003	$y = 1,553 D + 32,620$	0,385	60,621***	0,652***	$y = 0,781 C_{t-1} + 32,122$	0,609	149,742***	0,676***
2000-2003	$y = 1,104 D + 10,913$	0,368	215,639***	0,702***	$y = 0,711 C_{t-1} + 38,551$	0,505	376,969***	0,734***

Tabla 4.41. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Pinus* en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. *** $p \leq 0,001$.

En el análisis de **regresión múltiple** por pasos, teniendo en cuenta el periodo completo de muestreo 2000-2003, se logró incrementar el valor de R² a 0,569, en el que la concentración del día anterior fue el parámetro más influyente, seguido de la D-media y la temperatura máxima, aunque ésta última contribuyó al incremento del porcentaje de varianza explicado, en sólo un 0,8 % (Tabla 4.42). La ecuación obtenida para el periodo postpico, en el que se excluía la temperatura máxima no logró superar el coeficiente que presentó el modelo propuesto.

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R ²	R ² corregido	F
$y = 0,544 C_{t-1} + 0,583 D + 9,706 T_{max} - 169,668$	0,569	0,565	161,437***

Tabla 4.42. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de *Pinus* en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

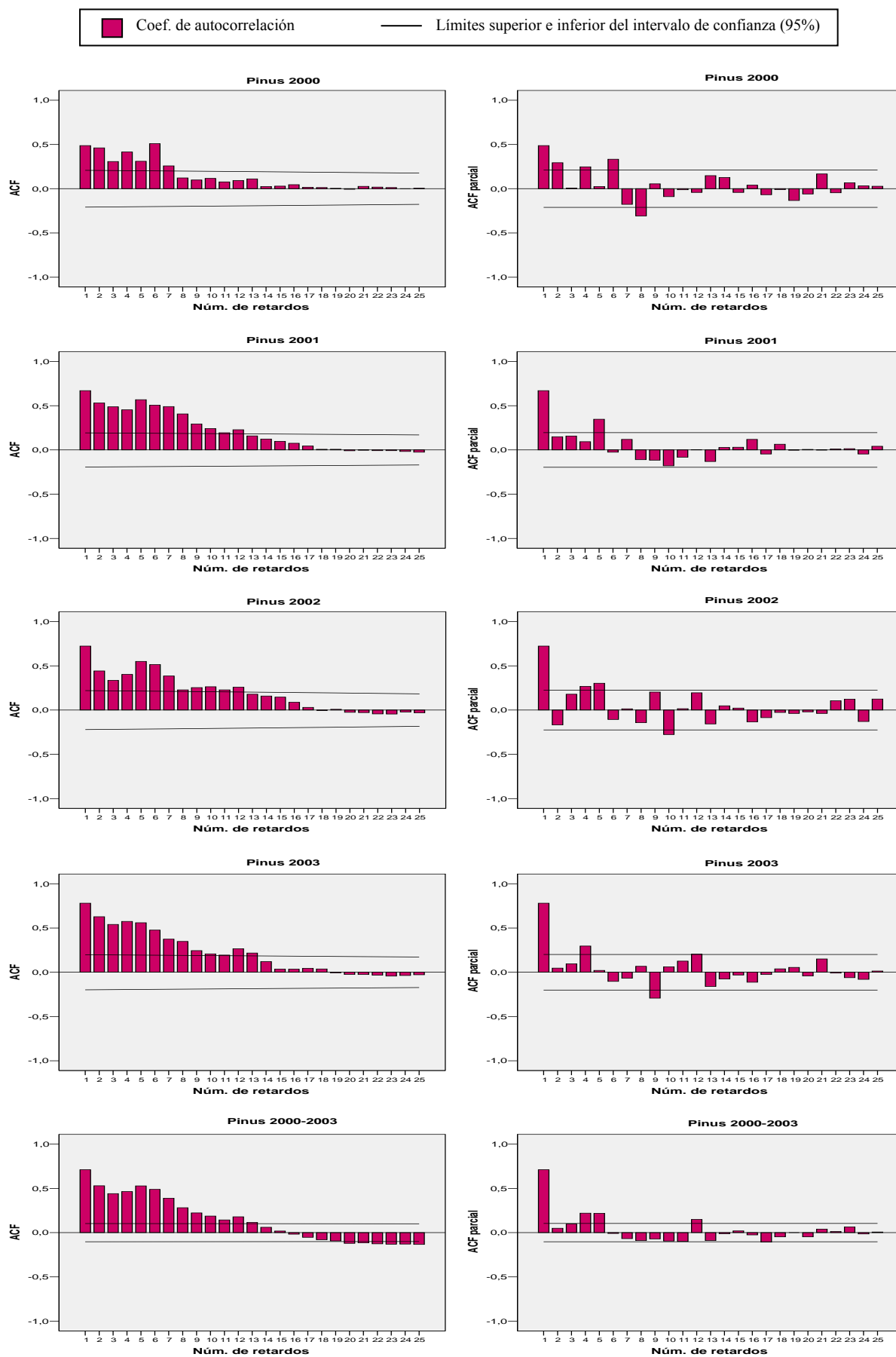


Fig.4.45. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de *Pinus* a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

Existen numerosas especies que forman parte de la vegetación natural. Así, en nuestro entorno podemos encontrar en las zonas costeras especies como *Pinus pinea* L. y *P. halepensis* Miller, mientras que en zonas de montaña más interiores destaca la especie *P. pinaster* Aiton. Este tipo polínico también es común al presentado por el género *Abies* Miller y aunque en la zona occidental de la provincia existe un bosque de *A. pinsapo* Boiss, la influencia que pueda tener este polen en nuestra zona de muestreo se considera irrelevante.

El polen de *Pinus* es el que ha alcanzado los índices polínicos más elevados, ocupando el primer lugar por orden de abundancia. Los niveles fueron bastante homogéneos a excepción de los del año 2000, que presentó un índice muy inferior ya que el comienzo del estudio se produjo el 15 de febrero, perdiéndose, por lo tanto, parte del PPP. Como media, este tipo polínico representó más del 24% del total registrado en la atmósfera de Nerja. La diferencia hallada con relación a los datos de otros estudios aerobiológicos de la provincia donde el polen de tipo *Pinus* no superó el 5% del total (Toro *et al.*, 1997; Recio *et al.*, 1998a; Recio *et al.*, 2000; Trigo *et al.*, 2007), se encuentra en la vegetación circundante al captador. En la descripción de la vegetación de la comarca ya se mencionaba la existencia de amplias zonas con *Pinus halepensis* producto de la repoblación. Además, cabe mencionar que el complejo turístico Cueva de Nerja en el que se encontraba emplazado el aparato presenta en sus jardines numerosos ejemplares de pino, por lo que ambos factores son los responsables de los elevados niveles encontrados de este tipo polínico. Por esta razón debemos ser cautelosos a la hora de extrapolar los resultados a las zonas relativamente cercanas como al núcleo urbano de la localidad de Nerja que está a unos 4 km, más cerca de la costa donde el número de pinos es considerablemente menor, suponiéndose niveles de polen por lo general inferiores.

Las mayores cantidades de polen se registran en febrero y marzo, lo que difiere con el periodo de máxima concentración de otras localidades incluso cercanas como Motril donde los mayores niveles se detectan de marzo a mayo (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004). Este comportamiento que puede deberse a la diferente época de floración de las especies predominantes en cada lugar, también se detectó en otras ciudades como Cádiz (Candau *et al.*, 2002a; 2004a), Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002; 2004), Sevilla (Candau *et al.*, 2002b) o Granada (Alba *et al.*, 2002; 2004). Sin embargo, Málaga (Recio *et al.*, 2002c; 2004) y Almería (Sabariego *et al.*, 2002; De Linares *et al.*, 2004) también mostraron un pico más adelantado al igual que en Nerja.

Como en otros tipos polínicos, la diferencia de temperatura en los años estudiados hicieron que se produjese un adelanto en el comienzo de la polinación en el año 2001 (el más cálido) y un retraso en el 2003 (el más frío).

El análisis de la variación intradiaria mostró un incremento de los niveles de polen en las horas centrales del día, con un pico máximo entre las 12 y las 14h que contuvo cerca del 25% del contenido diario. Mientras que en Málaga (Recio, 1995) aparece un comportamiento similar, en

Córdoba (Galán *et al.*, 1991) no presenta un pico tan destacado, llegando al 15% aproximadamente, como máximo y de modo más irregular en el tiempo. Además, en Córdoba aparece un pequeño aumento de las concentraciones a media noche, lo que no sucede en Nerja.

El signo negativo de las correlaciones establecidas entre las concentraciones medias diarias de polen y la temperatura se debe al peculiar comportamiento de este tipo polínico ya que el pico máximo con elevadas concentraciones se produce casi al comienzo del PPP en febrero para luego ir descendiendo progresivamente hasta mayo, proceso contrario al de la temperatura, que aumenta progresivamente. De todos modos, parece que la temperatura mínima es la que ejerce una mayor influencia. Las precipitaciones se correlacionaron negativamente y de forma significativa con las concentraciones polínicas en todos los años excepto en el 2001, año más seco y con escasas precipitaciones en ese periodo. Como se ha comentado con anterioridad debido al pico tan temprano, el prepico quedó reducido a un número muy escaso de datos, por lo que a excepción de la correlación con la temperatura máxima en el año 2003, éstas no se mostraron significativas.

Aunque hay que tener en cuenta que en el caso de la correlación con las direcciones de viento comprendidas en los sectores pertenecientes a los dos primeros cuadrantes sólo se calculó con un total de cuatro datos, la disparidad de resultados en los diferentes años puede deberse al emplazamiento del captador. En la zona NW-N-NE existe un amplio sector montañoso repoblado con *Pinus halepensis* por lo que el viento procedente de esa región traerá consigo una cantidad considerable de granos de polen de *Pinus*. Sin embargo, en las inmediaciones situadas en la zona SW-S-SE es el lugar en el que se encuentra el complejo turístico Cueva de Nerja, con amplios jardines en los que también existe un elevado número de ejemplares de *Pinus*. De este modo, aunque el viento en su origen proceda del mar, a pocos metros del captador y previamente a éste, deberá atravesar un área con una alta abundancia de pinos, lo que podría incrementar los niveles de polen detectados.

A pesar de esto, la variable independiente que logró explicar un mayor porcentaje de varianza de la concentración de polen fue la concentración del día anterior.

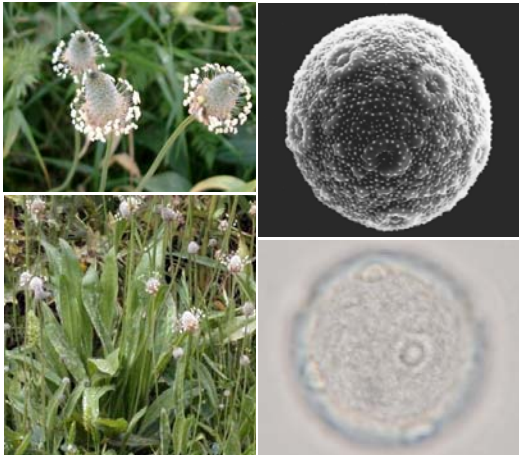
Las coníferas presentan una polinización anemófila, lo que unido a la presencia de vesículas aeríferas que facilitan la dispersión del polen hace que se alcancen elevados niveles en la atmósfera. Además pueden ser transportados a largas distancias (Lewis *et al.*, 1983). Sin embargo, al tratarse de un tipo polínico de gran tamaño y bajo contenido proteico, se considera con capacidad alérgica baja, siendo poco relevante en polinosis. En 1939 fue citado por primera vez en la literatura como causante de sintomatología alérgica en California (Rowe, 1939), aunque el porcentaje de personas sensibilizadas a este tipo polínico suele ser muy bajo y generalmente se producen en áreas con una gran densidad de árboles (García-Ortega & Belmonte, 2002). Así, en un estudio realizado en el sur de Francia, a pesar de la abundancia del polen de *Pinus*, no se detectó ningún paciente con reactividad a este tipo polínico (Bousquet *et al.*, 1984). En otros países como Turquía a pesar de registrarse altas concentraciones de polen está catalogado con un grado bajo de alergenidad (Güvensen & Öztürk, 2002).

En el norte de la Península Ibérica y concretamente en Vigo, donde el polen de *Pinus* constituye el 19,1% del total anual (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2004c), el 3% de los pacientes sometidos a un prick test mostraron resultados positivos (Belmonte *et al.*, 1998). En Burgos, a pesar de ser el cuarto tipo polínico por orden de abundancia con más del 10% del contenido de polen total anual, poco más del 3% de los pacientes atópicos desarrollaron sensibilidad en pruebas cutáneas (Carretero *et al.*, 2005). En Madrid, que constituye el 7% del índice total anual, el porcentaje osciló entre el 2% para extractos con *Pinus pinaster*, el 4% para *P. halepensis* y *P. pinea* y el 7% de los pacientes atópicos para *P. sylvestris* (Subiza *et al.*, 1995).

A pesar del bajo poder alergénico que presenta este tipo polínico, debido a la elevada concentración que se detectada en nuestra área de estudio y su fácil dispersión, aunque no se han realizado estudios clínicos sobre los alérgenos más importantes en la población de Nerja, el polen de *Pinus* debería ser tenido en cuenta como posible causante de sintomatología alérgica, coincidiendo con lo descrito por Marcos *et al.* (2001) para una zona con elevadas concentraciones de polen de *Pinus* como es Vigo, donde además prueban la existencia de pacientes monosensibles a este tipo polínico. Como se ha mencionado previamente debemos mostrar cierta cautela a la hora de extrapolar los resultados por la proximidad del captador a zonas de pinos, si bien cabe destacar que en este punto de muestreo se alcanzan los niveles más altos de todos los registrados en otras estaciones aerobiológicas de la Península pertenecientes a la REA (*confer* Rea 7 y 8).

4.2.2.6. Tipo *Plantago*

Morfología polínica



Polen polipantoporado, apolar, con simetría radial, esferoidal, circular en corte óptico y de tamaño pequeño a mediano ($D=19-35\mu\text{m}$). Aberturas simples de tipo poro, circulares, de 3-4 μm de diámetro y dispuestas en número de 5-15, presentando un anillo, producto del engrosamiento de la nexina. Membrana apertural granulada a menudo acompañada de opérculo. Exina de unos 2 μm de grosor, con sexina más gruesa que la nexina. Tectum completo e infratectum columelado con columelas cortas y delgadas. Superficie ondulada, generalmente escábrida con gránulos más densamente dispuestos en la proximidad de las aberturas.

Especies más frecuentes: *Plantago lagopus* L., *P. coronopus* L., *P. afra* L., *P. psillyum* L.

Variación estacional

El polen de *Plantago* representó el 2,2% del índice polínico total del periodo estudiado. Durante estos cuatro años se observa como los años impares mostraron menores índices polínicos anuales que los años pares, siendo además, similares entre sí, con apenas poco más de una diferencia de 50 puntos. Estos niveles fueron superados por el año 2000 en algo más de 200. Sin embargo, la diferencia más acentuada se establece con el año 2002 en el que se registraron los mayores niveles de polen de *Plantago* de todo el periodo de estudio, con más del 35% de polen como media, respecto a los restantes años (Fig.4.46).

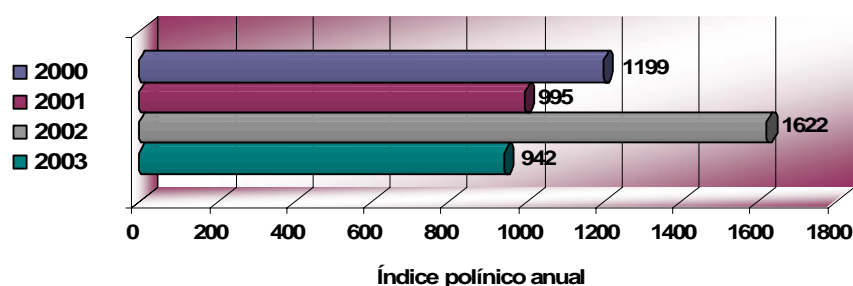


Fig.4.46. Índice polínico anual del tipo polínico *Plantago* para los años estudiados.

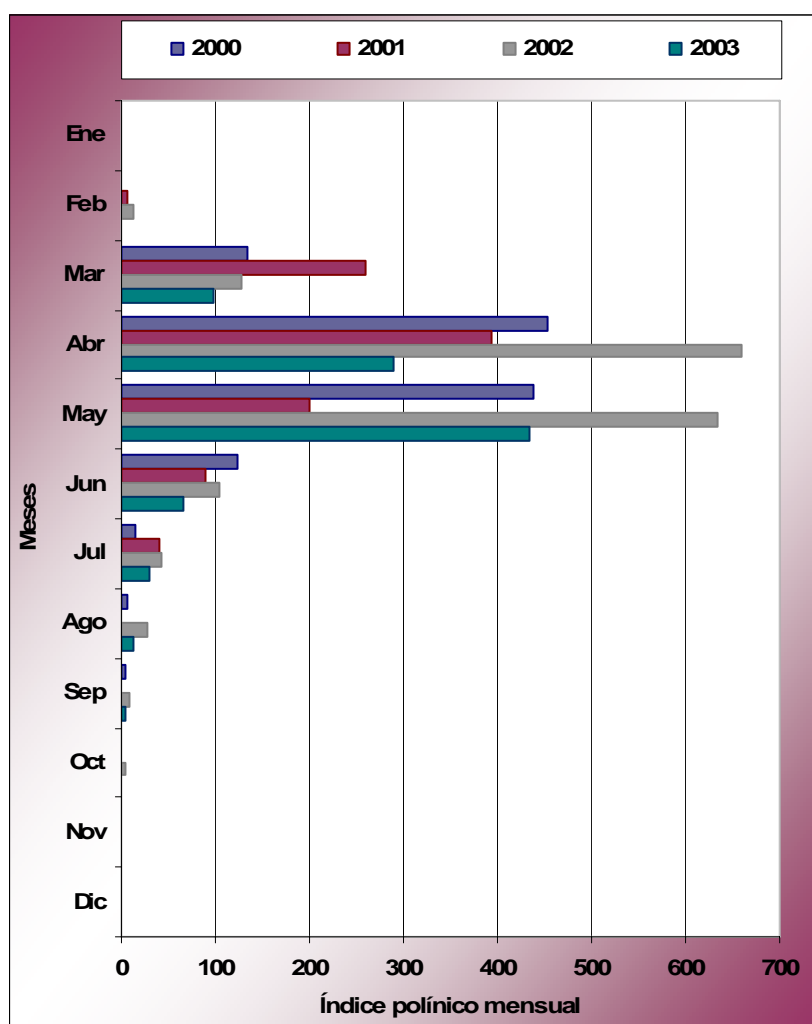


Fig.4.47. Índice polínico mensual del tipo *Plantago* durante los años 2000-2003.

Abril fue el mes de mayor concentración de polen de *Plantago* en todos los años muestreados, alcanzando el mayor valor en el año 2002 con un índice polínico mensual de 660, excepto para el último año, en el que resultó segundo en orden de abundancia, siendo mayo el mes en el que se alcanzaron los mayores registros. Además de los meses mencionados anteriormente, marzo y, en menor medida junio alcanzaron cantidades polínicas considerables. Para los restantes meses, los niveles obtenidos para este tipo polínico fueron muy inferiores, no llegando a alcanzar un índice de 8 (Fig.4.47).

La distribución estacional del polen de *Plantago* se caracterizó por la aparición de un sólo pico localizado durante todo el periodo primaveral con máximos, en el que no se alcanzaron los 50granos/m³ si exceptuamos el año 2002 en el cual se sobrepasaron los 90granos/m³. Estos valores máximos muestran un adelanto o atraso de unos años a otros, siendo 2001 el año en el que las mayores concentraciones fueron detectadas de modo más temprano, no siendo así en los restantes años donde se aprecia que los niveles polínicos más elevados sufrieron un desplazamiento hacia la derecha en el eje de abscisas (Fig.4.48).

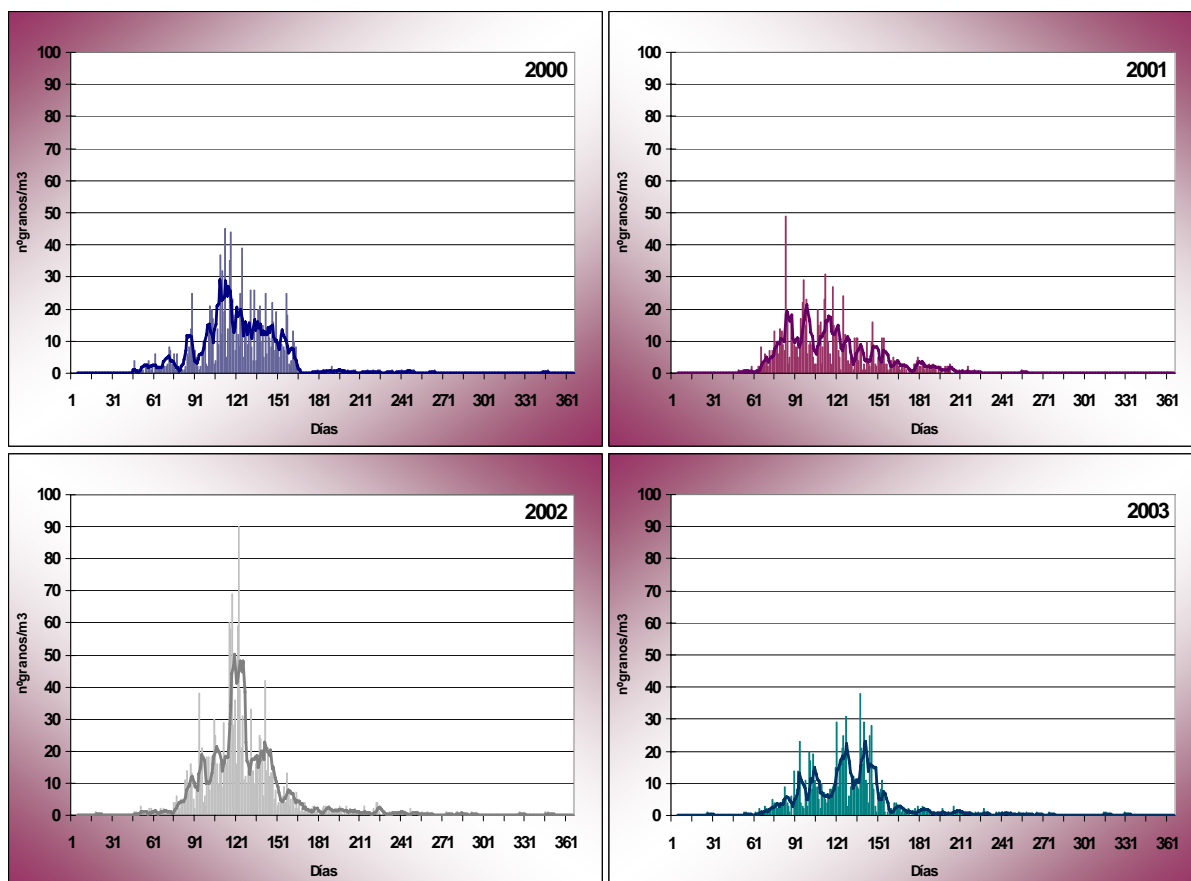


Fig.4.48. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Plantago* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP fue de 125 días presentando una oscilación de 31 días entre el año 2000, de menor duración y el del año 2003, el más largo. La fecha de inicio se concentró en el mismo mes durante todos los años, con una diferencia máxima de unos 15 días desde principios de marzo de 2000 hasta mediados del mismo mes en el año 2003. El desfase de unos años a otros en la fecha de finalización fue mayor, alcanzando una diferencia máxima de 46 días. También existió una diferencia apreciable en el día pico ya que la fechas en las que se alcanzaron transcurrieron desde finales de marzo a mediados de mayo (Tabla 4.43).

Plantago	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	62	67	77	73
Fecha inicio	02-mar	08-mar	18-mar	14-mar
Dato fin	166	190	211	208
Fecha fin	14-jun	09-jul	30-jul	27-jul
Duración	105	124	135	136
Día pico	22-abr	24-mar	02-may	17-may
Valor max	45	49	90	38

Tabla 4.43. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo *Plantago* para cada uno de los años de estudio.

En cuanto a la distribución media de las medias semanales se puede apreciar en la figura 4.49 que los valores máximos se concentraron entre finales de abril y principios de mayo (décimo séptima y décimo octava semana) con un periodo postpico de mayor duración que el prepico debido a la larga cola que se extiende hasta finales de septiembre (trigésimo octava semana).

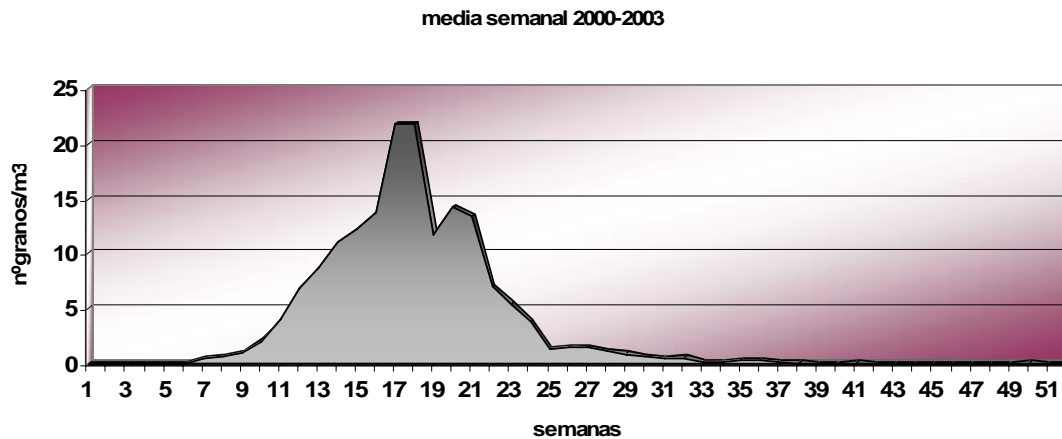


Fig.4.49. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo *Plantago*.

Variación intradiaria

El patrón observado de la distribución intradiaria en los distintos años de muestreo fue muy similar apreciándose un aumento de la concentración de polen durante las horas centrales del día, con un máximo a las 12 del mediodía. El máximo porcentaje acumulado de dos horas se registró en el año 2000, con el 18 % de la concentración diaria acumulada entre las 10 y las 12h.

Los valores de IDI no fueron muy elevados, con un valor medio de 0,10, aunque el valor más elevado apareció en el año 2000, con un IDI de 0,14. A partir de ahí, se produjo un ligero descenso progresivo a lo largo de los años, excepto para el último, donde de nuevo se observó un pequeño incremento de dicho índice, alcanzando un máximo de algo más del 14 % (Fig.4.50).

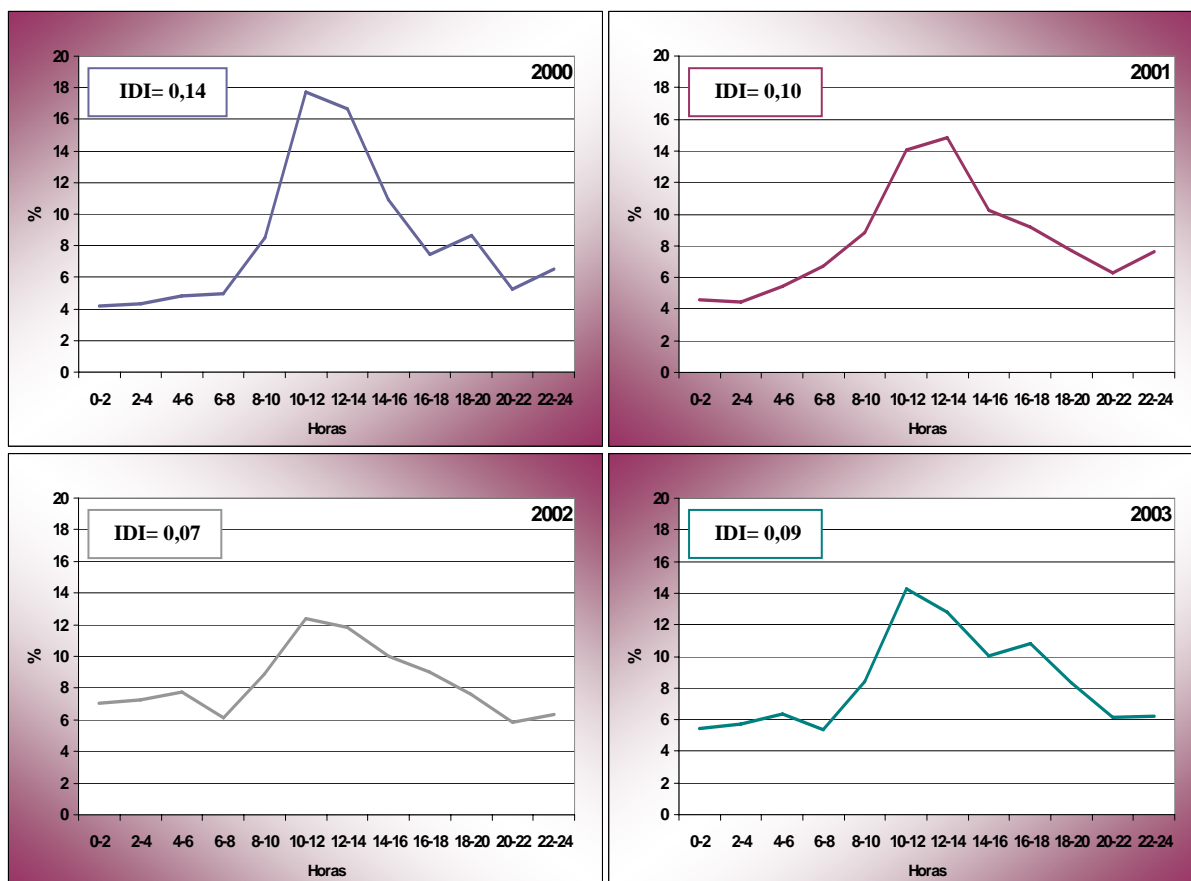


Fig. 4.50. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de *Plantago* a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Para todos los años excepto para el año 2000 se obtuvieron correlaciones negativas y significativas con la temperatura, bastante alta en todos los casos, especialmente con la temperatura mínima y seguida por la temperatura media (Tabla 4.44). Las precipitaciones sólo presentaron correlaciones positivas y significativas en el año 2002 y durante los cuatro años en conjunto, aunque con valores bajos.

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
T ^a media	0,366***	-0,410***	-0,670***	-0,519***	-0,389***
T ^a mínima	0,251**	-0,479***	-0,705***	-0,543***	-0,440***
T ^a máxima	0,408***	-0,338***	-0,599***	-0,488***	-0,342***
Precipitaciones	-0,035	-0,079	0,227**	0,097	0,094*

Tabla 4.44. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Plantago* y los diferentes parámetros meteorológicos. *0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Al dividir el PPP en función de su pico de máxima concentración se mostró una correlación positiva con la temperatura en el periodo prepico, a excepción del año 2001 debido al bajo número de datos al que quedó reducido, presentando los valores más elevados con la temperatura máxima y la media, especialmente en el año 2003 (Tabla 4.45). En el postpico, las correlaciones se tornan negativas y significativas en todos los casos menos en el año 2000. En esta ocasión, la temperatura mínima es la que mostró una correlación mayor con la concentración polínica, registrándose un valor muy alto en el año 2002, con un valor de rho de Spearman superior a 0,8 y N=89. En el caso de la variable precipitaciones, la mayoría de las correlaciones no resultaron significativas, siéndolo solamente con el postpico del año 2002 y el prepico del año 2003 (positiva y negativa, respectivamente), así como en el periodo total 2000-2003.

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
T ^a med	0,420**	-0,233	0,109	-0,435***	0,366*	-0,760***	0,650***	-0,468***	0,473***	-0,641***
T ^a mín	0,119	-0,241	-0,025	-0,498***	0,317*	-0,811***	0,460***	-0,476***	0,319***	-0,669***
T ^a máx	0,565***	-0,215	0,103	-0,354***	0,330*	-0,626***	0,687***	-0,392**	0,498***	-0,563***
Precip	-0,249	0,241	-0,180	-0,073	-0,115	0,252*	-0,286*	-	-0,181*	0,216***

Tabla 4.45. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico *Plantago* los diversos parámetros meteorológicos. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

-Análisis de regresión

La temperatura mínima fue la que ejerció una mayor influencia sobre las concentraciones polínicas dentro de los parámetros meteorológicos tenidos en cuenta en este estudio, siendo la temperatura máxima, únicamente en el primer año de estudio, la que logró un coeficiente de correlación superior al obtenido con la temperatura mínima. Los valores más elevados de R² se presentaron en los años 2001 y 2002, con un valor medio de 0,152, aunque al utilizar los datos de todo el periodo dicho valor quedó reducido a casi la mitad (Tabla 4.46).

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000	y = 0,650 Tmax - 3,035	0,045	4,871*
2001	y = -0,786 Tmin + 19,228	0,132	18,491***
2002	y = -1,562 Tmin + 36,200	0,173	27,738***
2003	y = -0,575 Tmin + 16,015	0,086	12,666**
2000-2003	y = -0,766 Tmin + 20,616	0,078	41,933***

Tabla 4.46. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Plantago a* en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Tras analizar los autocorrelogramas que se muestran en la figura 4.51 se eligió el día anterior como mejor variable para realizar las ecuaciones de regresión por ser el retardo que obtuvo tanto en las autocorrelaciones simples como en las autocorrelaciones el mejor coeficiente. Dicho coeficiente fue decreciendo conforme se incrementaba la distancia entre los datos a correlacionar, oscilando entre los 13 retardos con un grado de asociación estadísticamente significativa, en el año 2000, hasta los 24 del año 2002. Como en otros casos, al emplear los datos del periodo de muestreo completo, todos los retardos analizados resultaron significativos. Sin embargo, las autocorrelaciones parciales sólo detectaron una media de 4 retardos con un coeficiente de correlación estadísticamente significativo.

Los modelos de regresión en los que se incluyó el día anterior presentaron valores de R^2 comprendidos entre 0,133 en el año 2000 y 0,487 en el 2002. Si se utilizan todos los datos del periodo de estudio se obtiene una ecuación cuya variable predictora explica el 37 % de la varianza de las concentraciones (Tabla 4.47). Asimismo, con las ecuaciones en las que se introdujo la D-media se consiguió un incremento en los coeficientes de regresión en todos los años de estudio, excepto cuando se consideró el periodo completo en el que el valor de R^2 fue ligeramente inferior.

Además se dividió el PPP para realizar análisis de regresión con el conjunto de los periodos postpico de todos los años 2000-2003 y se observó que mientras que con la concentración del día previo no se logró una mejora del modelo, al utilizar la D-media el porcentaje explicado aumentó para situarse en un 43,7 %.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000	$y = 0,987 D + 0,524$	0,469	91,109***	0,692***	$y = 0,366 C_{t-1} + 6,942$	0,133	15,673***	0,532***
2001	$y = 0,512 D + 2,976$	0,236	34,427***	0,584***	$y = 0,476 C_{t-1} + 4,030$	0,227	35,449***	0,625***
2002	$y = 1,706 D - 2,666$	0,737	372,041***	0,918***	$y = 0,699 C_{t-1} + 3,429$	0,487	125,559***	0,828***
2003	$y = 0,689 D + 0,865$	0,439	104,997***	0,817***	$y = 0,604 C_{t-1} + 2,606$	0,363	75,844***	0,759***
2000-2003	$y = 0,890 D + 1,088$	0,369	290,306***	0,740***	$y = 0,610 C_{t-1} + 3,542$	0,371	293,369***	0,740***

Tabla 4.47. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Plantago* en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. *** $p \leq 0,001$.

Al introducir más variables a los modelos de regresión lineal establecidos anteriormente para el conjunto de los años estudiados, se ha conseguido incrementar el porcentaje de varianza explicado hasta un 50 % con el uso de una ecuación de **regresión múltiple** por pasos, para lo cual el programa estadístico ha introducido en primer lugar, como variable independiente, la concentración del día anterior, seguida de la D-media. Finalmente se han incluido la temperatura máxima y mínima, aunque sólo han aportado al modelo un incremento de 0,015 en el valor de la R^2 (Tabla 4.48). Si se utiliza sólo el periodo postpico, el porcentaje explicado se reduce ligeramente (49 %) en un modelo donde se excluyen las variables de temperatura, quedando únicamente la D-media y la concentración del día anterior como variables predictoras.

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R ²	R ² corregido	F
$y = -0,404 C_{t-1} + 0,616 D + 0,563 T_{max} - 0,422 T_{min} - 7,079$	0,503	0,499	124,794***

Tabla 4.48. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de *Plantago* en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). ***p≤0,001.

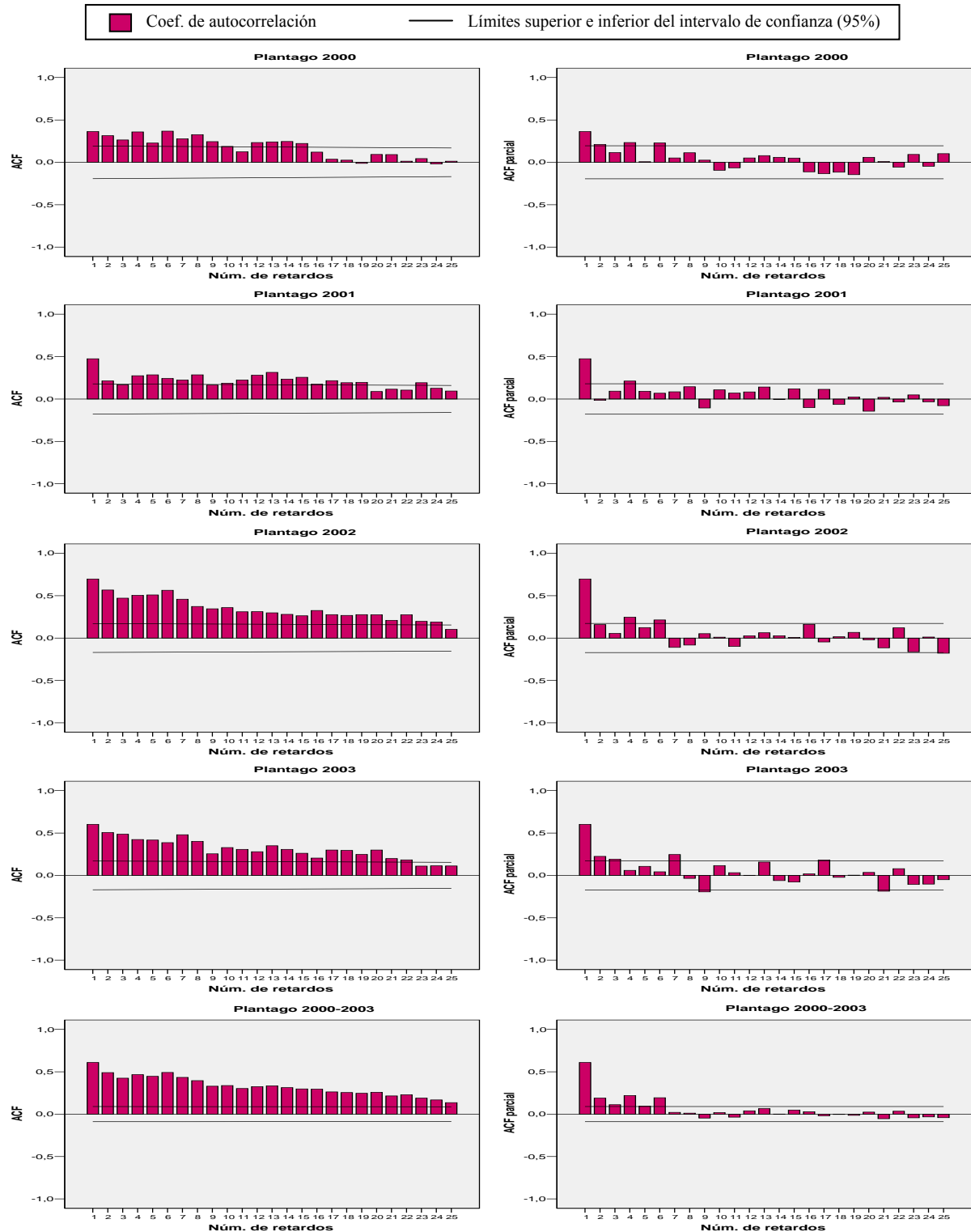


Fig.4.51. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de *Plantago* a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

Estas hierbas anuales presentan una amplia distribución, desarrollándose en pastizales o zonas ruderalizadas con suelos más o menos nitrófilos como cultivos, bordes de caminos y terrenos baldíos.

En Nerja, este tipo polínico ocupó la séptima posición por orden de abundancia, siendo abril y mayo los meses que presentaron las mayores cantidades polínicas. Este comportamiento es muy similar al descrito para Antequera (Recio *et al.*, 2000), Estepona (Recio *et al.*, 2006) y Málaga capital (Recio *et al.*, 1997b), aunque en este último caso las concentraciones son ligeramente superiores. Sin embargo, en localidades cercanas como Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007) y Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004) los niveles registrados son inferiores ya que no se superan índices anuales de 500. En el norte de España, y especialmente en ciudades interiores como Zaragoza (Bermejo & García, 2002), León (Vega *et al.*, 2002a), Orense (Méndez *et al.*, 2002) o Lleida (Belmonte & Roure, 2002b), las concentraciones máximas muestran un atraso en relación con las registradas en el sur, localizándose en mayo y junio. Los índices polínicos anuales en la Península variaron en función de la localización de la estación aerobiológica, además de las considerables oscilaciones producidas, en muchos casos, en los diferentes años estudiados (*confer* Rea 7 y 8), aunque Cáceres y Badajoz fueron las provincias con un mayor contenido polínico, llegando a superarse en ésta última un índice anual de 5.400 (Silva *et al.*, 2002; Paulino *et al.*, 2002).

La variación intradiaria muestra un patrón similar al detectado en Málaga capital por Trigo *et al.* (1997) y Recio *et al.* (1997b), con los mayores niveles de polen entre las 10 y las 16 h, aunque el pico de máxima concentración es menos acusado en Nerja, donde el porcentaje alcanzado no supera el 18% del contenido de polen del total del día frente al 22% registrado en la capital malagueña. En otras ciudades como Córdoba (Galán *et al.*, 1991) y Vigo (Rodríguez-Rajo, 2000) este pico, al igual que en nuestra área de estudio es inferior.

El valor negativo observado en las correlaciones establecidas con la temperatura en la mayoría de los años se debe al largo postpico que ejerce mayor influencia en el análisis de los datos del periodo completo. El PPP del año 2000 fue más corto por su finalización más temprana, evitando en gran medida el gran incremento de la temperatura que se produce en esas fechas en la que el nivel de polen en la atmósfera disminuye y por lo tanto, salvando en parte el elemento que hace que la correlación tenga signo negativo.

Las precipitaciones sólo presentaron correlaciones positivas y significativas en el año 2002 y durante los cuatro años en conjunto, aunque con valores bajos. Las lluvias acontecidas en este periodo fueron bastante escasas, especialmente en el año 2001 con sólo 10 días con precipitaciones, de los cuales, únicamente la mitad superó el milímetro de lluvia. En principio cabría esperar una correlación negativa con los días de lluvia debido al efecto lavado que producen, al menos durante el tiempo de actuación de este fenómeno meteorológico. Sin embargo, con el periodo posterior al pico de polen de *Plantago* en el año 2002, que como se comentó anteriormente se obtuvo una correlación positiva,

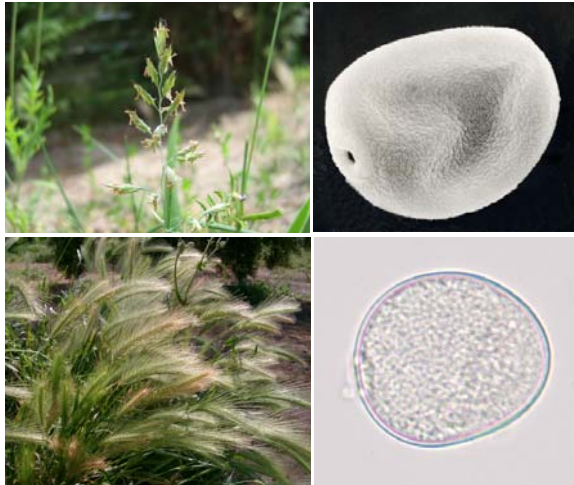
únicamente 2 días superaron el milímetro de lluvia, coincidiendo además, con los primeros días cuando aún las concentraciones eran altas, de modo que el análisis de correlación obtenido con todo el periodo postpico, que incluye un elevado número de valores de polen muy bajos (cola final) a pesar de la ausencia de lluvias, resultó finalmente positivo.

Los llantenes presentan polinización anemófila, siendo citado como polen alergógeno frecuentemente. Su capacidad para producir alergias es bien conocida desde hace tiempo, existiendo referencias ya desde los años 20 (Watson & Constable, 1991). A pesar de no ser de los pólenes que mayor incidencia tienen en la atmósfera presenta un nivel de sensibilizaciones clínicas bastante elevado, estando considerado como un importante alergógeno en gran parte de Estados Unidos (Lewis *et al.*, 1983). Sin embargo en Europa los resultados no son tan homogéneos, habiéndose catalogado al polen de *Plantago* desde “con escasa importancia” con un 7% de resultados positivos mediante prick test en Nápoles (D’Amato & Lobefalo, 1989), hasta “de gran importancia” en Holanda (Driessen & Derksen., 1989) y en Montpellier (Bousquet *et al.*, 1984) donde se halló un 36% de sensibilizaciones. En Turquía ha sido considerado con un grado de alergenidad medio (Güvensen & Öztürk, 2002).

En España se han realizado estudios en diversas ciudades como Córdoba donde el 29% de los pacientes con polinosis presentó un prick test positivo, existiendo una tendencia al alza con el paso de los años (Domínguez-Vilches *et al.*, 1993). En Madrid ese porcentaje ascendió al 59% (Subiza *et al.*, 1995), mientras que en Burgos fue del 43% (Carretero *et al.*, 2005). Finalmente, en Málaga Torrecillas *et al.* (1998) encontraron un 12% de sensibilizaciones en pruebas cutáneas.

4.2.2.7. Tipo *Poaceae*

Morfología polínica



Polen monoanaporado, heteropolar, con simetría radial, de esferoidal a subprolado. Circular en vista polar y de circular a ligeramente elíptico en vista ecuatorial. Tamaño de pequeño a mediano ($D= 16-47\mu\text{m}$). Abertura simple de tipo poro, de $2-4\mu\text{m}$ de diámetro, con opérculo y anillo resultado del engrosamiento de la nexina en las proximidades de la abertura. Exina de $1-1,5\mu\text{m}$ de grosor, con sexina más gruesa que la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie granulada.

Especies más frecuentes: *Avena sterilis* L., *Bromus sp. pl.*, *Brachypodium ramossum* Gray, *Cynodon dactylon* Pers., *Dactylis hispanica* Roth. *Hordeum murinum* L., *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf, *Stipa tenacissima* L.

Variación estacional

El polen de *Poaceae* representó el 7,3% del índice polínico total del periodo estudiado, periodo en el que se ha observado un aumento progresivo en la cantidad total de polen anual, registrándose en los dos últimos años concentraciones muy superiores a la de los dos primeros, con una diferencia por encima del 43%. Sin embargo, el último año mostró un descenso de aproximadamente el 9% con respecto al 2002 (Fig.4.52).

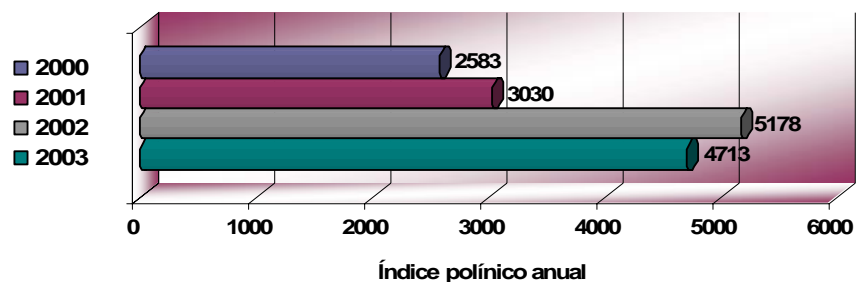


Fig.4.52. Índice polínico anual del tipo polínico *Poaceae* para los años estudiados.

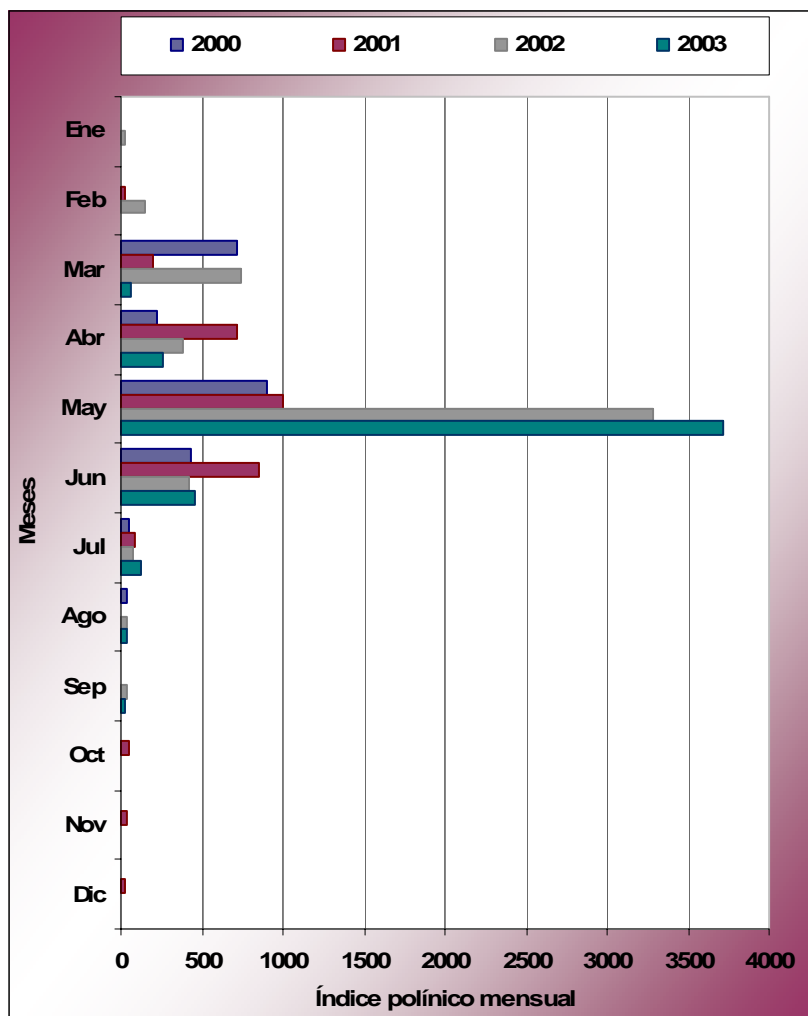


Fig.4.53. Índice polínico mensual del tipo Poaceae durante los años 2000-2003.

El mes de mayo fue sin excepciones el mes donde se registraron mayores índices de polen de gramíneas, con el 38 y 33% respectivamente, de la concentración anual de los dos primeros años, mientras que dicho porcentaje se elevó al 63% e incluso al 79% en los años 2002 y 2003, respectivamente. En cuanto a abundancia se refiere, mayo fue seguido por marzo en los años pares, mientras que en los impares, el segundo lugar fue ocupado por junio. A pesar de detectarse polen de Poaceae durante todo el año, desde agosto hasta febrero, las concentraciones alcanzadas fueron mínimas (Fig.4.53).

En lo referente a la distribución de las concentraciones medias diarias (Fig.4.54), se aprecia como en los años 2000 y 2002 aparecen dos picos, uno a finales de febrero-principios de marzo y otro hacia el mes de mayo, mientras que en los años 2001 y 2003 sólo se detecta un único pico en mayo o principios de junio, siendo éste, salvo en el año 2000 y con escasa diferencia, el más acusado, especialmente en el año 2003 donde se alcanzaron los 578 granos/m³ el día 17 de mayo (Tabla 4.49).

Además, cabe mencionar, la aparición de un pequeño pico, desde mediados de octubre a principios de noviembre, con las concentraciones más elevadas del 29 al 31 de octubre y que en ningún caso superaron los 11 granos/m³.

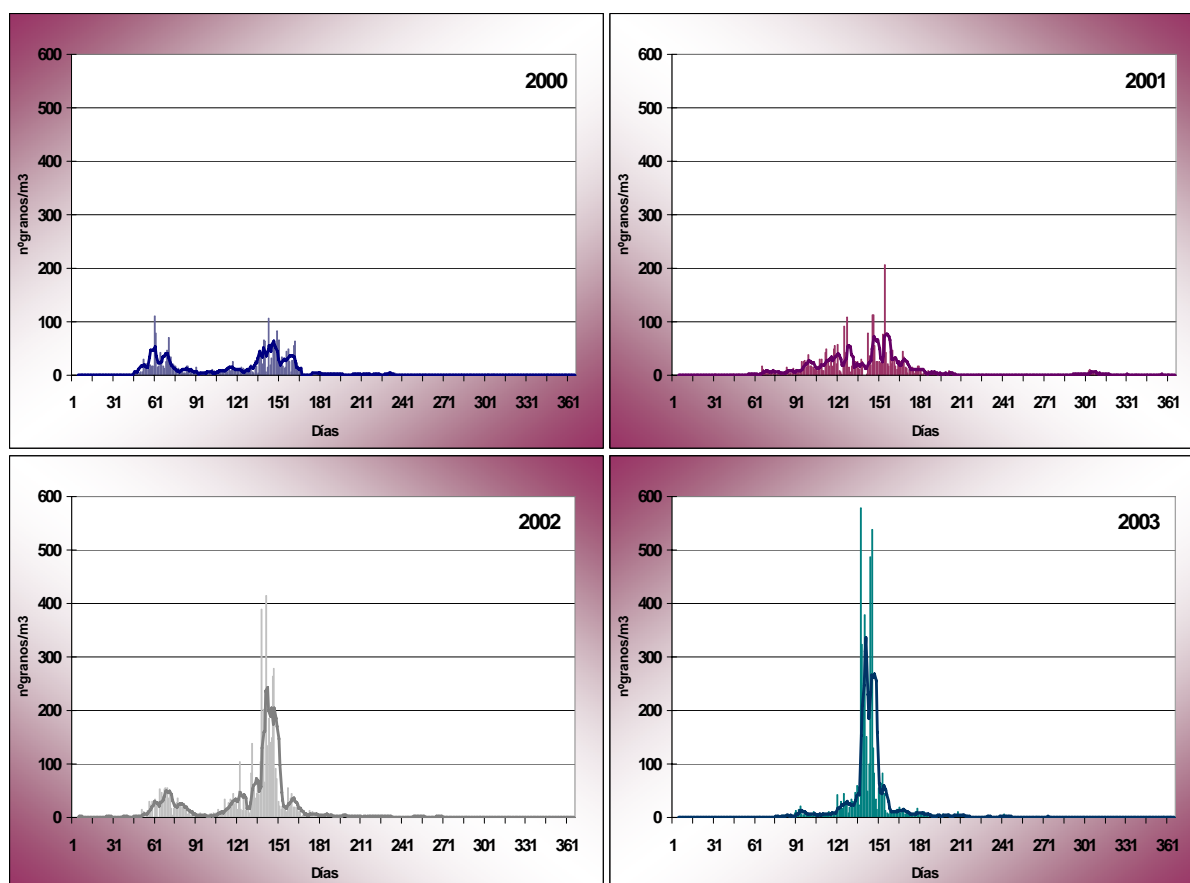


Fig.4.54. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Poaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP fue de 138 días, con una diferencia máxima de 51 días mostrada entre el primer y último año de muestreo. La fecha de inicio tuvo una diferencia máxima de 40 días. En cuanto a la fecha de finalización esta diferencia fue menor (23 días), aconteciendo entre la segunda quincena de julio y comienzos de agosto.

Para el año 2001 se ha modificado ligeramente la metodología del establecimiento del PPP ya que debido al pequeño pico otoñal, comentado previamente en el comportamiento estacional, la cola post-pico incrementaba en gran medida el número de días, conteniendo muchos de ellos el valor cero, con los inconvenientes que puede ocasionar a la hora del análisis estadístico. Por ello, se optó por eliminar el 5% de la parte final de la curva (Tabla 4.49).

Poaceae	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	53	68	57	93
Fecha inicio	22-feb	09-mar	26-feb	03-abr
Dato fin	216	208	193	205
Fecha fin	03-ago	27-jul	12-jul	24-jul
Duración	164	140	137	113
Día pico	01-mar	03-jun	21-may	17-may
Valor max	110	213	415	578

Tabla 4.49. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo Poaceae para cada uno de los años de estudio.

En el caso de la media de las medias semanales, se observó que el primer pico, de menor intensidad, tiene su máximo a mediados de marzo (décima semana), mientras que el segundo, un 86% mayor que el primero, tuvo su máximo a finales de mayo (vigésimo primera semana) como media (Fig.4.55). Tras este pico se produjo un rápido descenso para caer hasta niveles mínimos en unas cuatro semanas aproximadamente.

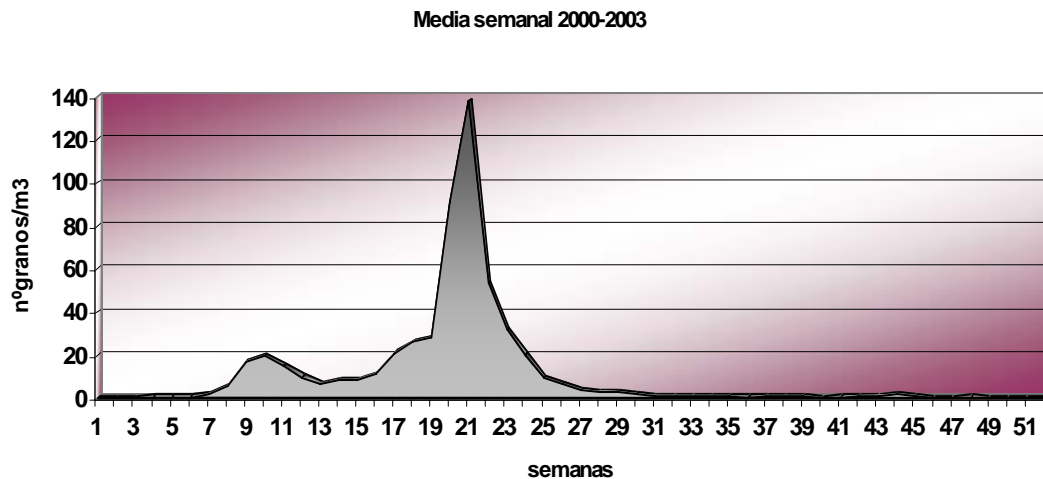


Fig.4.55. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo Poaceae.

Variación intradiaria

Los valores de IDI registrados para este tipo polínico fueron muy bajos por lo que la distribución de las concentraciones resultaron bastante homogéneas a lo largo de las 24 horas del día, pudiéndose observar un ligero incremento de los índices polínicos alrededor del mediodía únicamente en el año 2003 (desde las 10 hasta las 12h), alcanzando poco más del 14 % del contenido polínico diario. En los restantes años, los porcentajes máximos acumulados de dos horas apenas superaron el 10 %, produciéndose además en una franja horaria diferente en cada uno de los años.

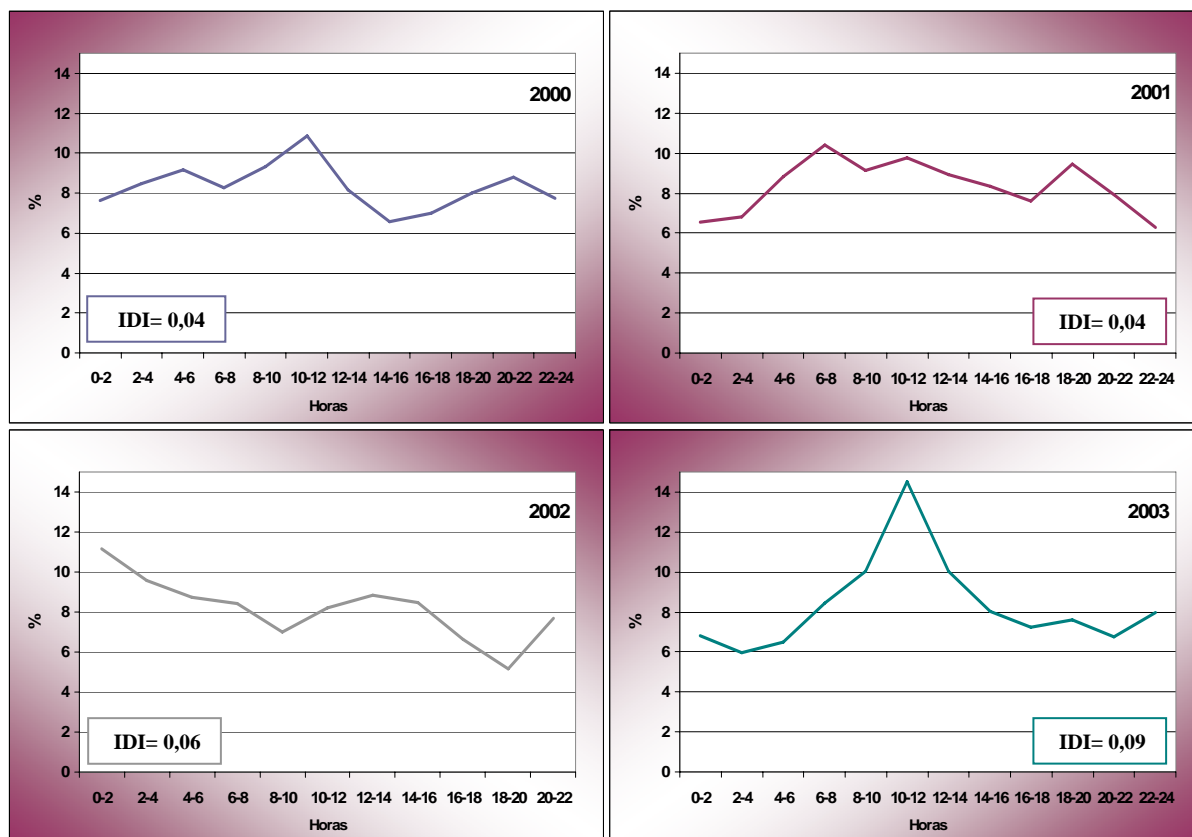


Fig.4.56. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de Poaceae a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Los análisis de correlación con la temperatura presentaron valores negativos y significativos en los años 2000 y 2003, mientras que en los años centrales no mostraron significación. (Tabla 4.50).

En relación con las lluvias acaecidas durante el periodo de estudio, solamente en el año 2002 se encontró una correlación negativa y significativa con las concentraciones polínicas.

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
T ^a media	-0,315***	-0,102	-0,069	-0,210*	-0,179***
T ^a mínima	-0,354***	-0,140	-0,159	-0,198*	-0,226***
T ^a máxima	-0,267**	-0,070	0,036	-0,205*	-0,129**
Precipitaciones	-0,130	-0,122	-0,274**	-0,032	-0,144**

Tabla 4.50. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo Poaceae y los diferentes parámetros meteorológicos. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Al dividir el PPP en dos periodos, gran parte de las correlaciones con la temperatura se tornan significativas siguiendo el patrón de otros tipos polínicos, con asociaciones positivas en los periodos prepico y negativas en los postpicos, siendo especialmente elevadas en el año 2003 (Tabla 4.51). Con las precipitaciones apenas se hallaron correlaciones significativas, siendo las pocas encontradas, negativas.

Teniendo en cuenta todo el periodo 2000-2003 observamos que las correlaciones se hacen más altas en relación con el PPP completo, separándose de nuevo una primera etapa con asociación positiva con la temperatura (periodo prepico) y una segunda, negativa (periodo postpico).

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
T ^a med	0,869**	-0,313***	0,483***	-0,251	0,401***	-0,583***	0,816***	-0,618***	0,452***	-0,401***
T ^a mín	0,409	-0,349***	0,349**	-0,165	0,255*	-0,779***	0,722***	-0,558***	0,309***	-0,412***
T ^a máx	0,446	-0,263**	0,516***	-0,208	0,509***	-0,281*	0,766***	-0,565***	0,505***	-0,327***
Precip	-	-0,105	-0,260*	0,111	-0,464***	-0,040	-0,158	-	-0,319***	-0,061

Tabla 4.51. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico Poaceae y los diversos parámetros meteorológicos. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

-Análisis de regresión

No se ha obtenido ninguna ecuación lineal significativa con la variable temperatura, a excepción de la lograda en el año 2002 con la temperatura máxima, alcanzándose un valor de R² de 0,039. En los restantes análisis, no se observó asociación alguna, con los coeficientes de regresión cercanos a cero (Tabla 4.52).

Al realizar los mismos análisis para el periodo prepico y postpico no se lograron mejoras significativas, obteniéndose el valor más elevado de R² (0,094), utilizando los datos de los prepicos del periodo 2000-2003 con la temperatura máxima correspondiente a dichos periodos.

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000	y = -0,618 T _{min} + 25,067	0,016	2,460NS
2001	y = 0,654 T _{max} + 3,804	0,010	1,244NS
2002	y = 3,120 T _{max} - 34,955	0,039	5,412*
2003	y = -0,699 T _{max} + 57373	0,001	0,100NS
2000-2003	y = 0,726 T _{max} + 9,710	0,003	1,546NS

Tabla 4.52. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Poaceae en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *0,01 < p ≤ 0,05, NS no significativo.

Haciendo referencia a los autocorrelogramas calculados para la elección de la concentración previa más favorable, se observa que al igual que en la mayoría de los tipos polínicos estudiados, el mayor coeficiente de autocorrelación se obtuvo con la concentración del día anterior (Fig.4.57). En las autocorrelaciones simples se produjo un descenso progresivo en el valor de R^2 , con una media de 11 retardos analizados estadísticamente significativos, a excepción del año 2001 en el que los retardos mostraron una serie de ciclos de ascenso y descenso en el coeficiente de correlación. En el caso de las autocorrelaciones parciales, el número de retardos con un coeficiente estadísticamente significativo fue de 5 como media.

Con la inclusión de la concentración del día anterior en las ecuaciones de regresión se logró una mejora considerable, en función con los resultados obtenidos con la variable temperatura, llegando a explicar, en el año 2003, más del 40 % de la varianza de la concentración de polen de Poaceae (Tabla 4.53). Si la variable a tener en cuenta es la D-media se aprecia por término medio un notable incremento en el porcentaje explicado en relación con las variables anteriores, alcanzando cerca del 80 % en el año 2003. Esto se produjo en los dos últimos años y en el periodo completo 2000-2003. Tanto en las ecuaciones realizadas con el periodo completo con la concentración del día anterior como las que presentaban la D-media como variables predictoras, mostraron un ligero ascenso del valor de la R^2 al utilizar únicamente el periodo postpico. Dichos valores ascendieron a 0,426 y 0,510, respectivamente.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000	$y = 0,259 D + 9,955$	0,225	43,736***	0,783***	$y = 0,579 C_{t-1} + 6,672$	0,336	75,847***	0,809***
2001	$y = 0,297 D + 12,502$	0,186	31,751***	0,687***	$y = 0,476 C_{t-1} + 10,467$	0,226	40,308***	0,741***
2002	$y = 1,370 D - 0,915$	0,675	280,010***	0,811***	$y = 0,610 C_{t-1} + 13,954$	0,371	78,959***	0,781***
2003	$y = 2,089 D - 20,163$	0,797	435,487***	0,870***	$y = 0,638 C_{t-1} + 14,376$	0,407	75,442***	0,836***
2000-2003	$y = 0,995 D + 1,176$	0,436	418,688***	0,776***	$y = 0,629 C_{t-1} + 10,006$	0,396	354,374***	0,787***

Tabla 4.53. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Poaceae en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. *** $p \leq 0,001$.

En la ecuación de **regresión múltiple** todas las variables independientes fueron excluidas del modelo a excepción de la concentración del día anterior, consiguiendo un R^2 de tan sólo 0,276. Con el postpico, además de dicha variable se introduce la D-media, ascendiendo el valor de la R^2 a 0,412, aunque ningún modelo mejoró a los obtenidos con las ecuaciones simples (Tabla 4.54).

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R^2	R^2 corregido	F
$y = 0,525 C_{t-1} + 8,955$	0,276	0,274	121,310***

Tabla 4.54. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de Poaceae en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

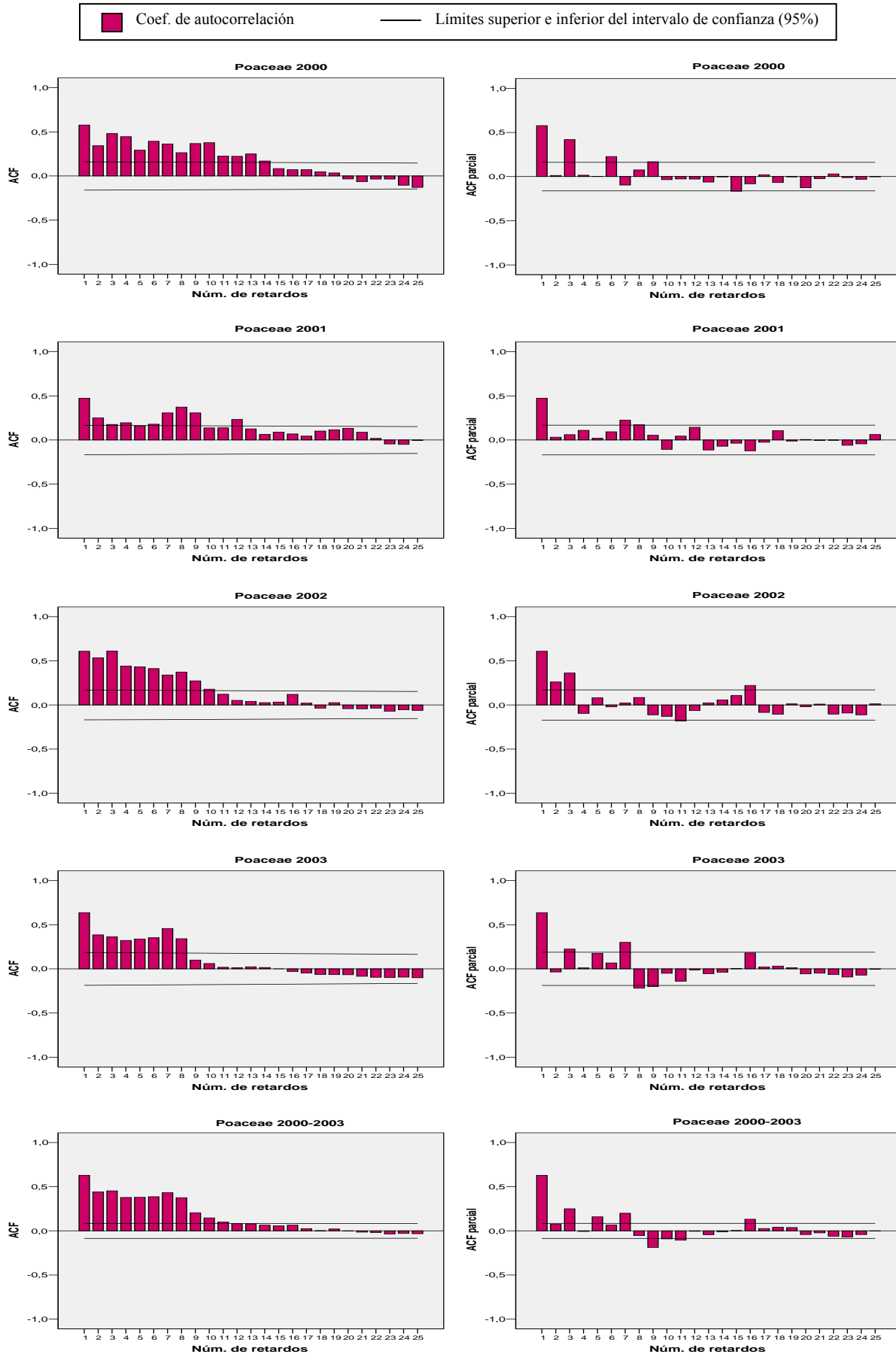


Fig.4.57. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de Poaceae a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

Plantas herbáceas anuales o perennes que presentan una distribución cosmopolita, que cuenta con un gran número de especies de interés económico, siendo ampliamente cultivadas, así como interés ornamental. Se trata de una familia con polinización anemófila en la mayor parte de las especies y con presencia de polen en la atmósfera muy prolongada en el tiempo debido a la floración sucesiva de los diferentes taxa.

El comienzo del periodo principal de polinación en Europa difiere en función de la latitud, adelantándose en zonas más templadas con respecto a las regiones situadas al norte (Emberlin *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2003). Mientras que en el área del Mediterráneo las mayores concentraciones se producen desde marzo a junio (D'Amato & Lobefalo, 1989), en Europa central no se alcanzan hasta junio, extendiéndose durante todo el mes de julio (D'Amato & Spieksma, 1992). En Nerja se detecta presencia de polen de gramíneas durante todo el año, aunque con mayor incidencia desde febrero hasta julio, coincidiendo con otras localidades cercanas como Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007) y Estepona (Recio *et al.*, 2006) y por término general, con otras zonas del sur de España. Sin embargo, en regiones del norte existe un atraso en el incremento de las concentraciones al igual que sucede en algunos puntos del interior de la Península Ibérica, incluso de la provincia de Málaga como es el caso de Antequera (Recio *et al.*, 2000), donde el ascenso de los niveles no se produce hasta abril (Latorre & Belmonte, 2004; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2004c; *confer* Rea 7-8). En nuestro estudio, en el año 2003 se observó un retraso en el comienzo del PPP, probablemente debido a las menores temperaturas registradas durante el invierno ese año, así como a las mayores lluvias acaecidas hasta el mes de abril, lo que a su vez pudo provocar el fuerte pico alcanzado a mediados de mayo, con una concentración máxima diaria cercana a los 600 granos/m³.

Los índices polínicos anuales alcanzan valores considerables en todas las estaciones aerobiológicas pertenecientes a la REA, situándose este tipo polínico entre las primeras posiciones por orden de abundancia. Sin embargo, cabe destacar que las cantidades más elevadas se detectan en Extremadura, y más concretamente en Cáceres, ciudad en la que en el año 2001 se alcanzó un índice anual superior a 33.000 (Paulino *et al.*, 2002).

En relación con la distribución de las concentraciones de polen a lo largo del día se observa el un comportamiento muy irregular, apareciendo tan solo un pico de máxima concentración entre las 10 y las 12 h en el año 2003 y en el 2000, aunque éste último apenas visible. En Málaga capital (Trigo *et al.*, 1996b) y en Córdoba (Galán *et al.*, 1991) se apreció un comportamiento más regular, con un máximo a las horas del mediodía más acusado que en Nerja. Sin embargo, en Inglaterra se encontró un patrón diferente donde los niveles de polen más elevados se localizaron a últimas horas de la tarde (Corden & Millington, 1991).

En los 3 primeros años se produjeron 2 picos separados por un periodo de un mes aproximadamente debido a la diferencia en la fecha de floración de las diversas especies existentes en la zona, de modo que en los análisis de correlación se incluyeron varios procesos de ascenso y descenso de las concentraciones, mientras que las temperaturas sufrieron un aumento constante y progresivo lo que dificultó la obtención de correlaciones significativas. Para realizar el análisis de correlación con el prepico del año 2000 sólo se pudo contar con 9 datos. Las correlaciones más elevadas se produjeron en el año 2003, que presentó un comportamiento más uniforme con un solo pico pronunciado y una etapa más o menos clara de ascenso y otra de descenso de los niveles de polen durante el PPP. Las correlaciones que resultaron negativas con la temperatura se tornaron positivas durante el prepico y negativas en el postpico por la misma razón que se ha expuesto para otros tipos polínicos, ya que el descenso del polen por causas fisiológicas se corresponde con una, todavía, tendencia al alza de la temperatura. Las correlaciones con las precipitaciones cuando resultaron significativas aparecieron siempre en el prepico, época en la que aún se produjeron lluvias.

En relación con los análisis de regresión realizados cabe destacar los bajos porcentajes explicativos logrados con todas las variables utilizadas, tanto meteorológicas como con las concentraciones del día anterior y D-media, mostrándose el patrón poco constante de este tipo en los diferentes años de muestreo.

El polen de gramíneas ha sido catalogado como el polen con mayor importancia alergógena tanto en Norteamérica, como en la mayor parte de las regiones tropicales (Lewis *et al.*, 1983), así como en Europa, especialmente en los países de la zona oeste donde junto con las especies de la familia Urticaceae constituyen aproximadamente la mitad el polen total anual registrado (D'Amato & Spiekma, 1990; Emeryk *et al.*, 2004). Así, en Dinamarca el 20% de los pacientes alérgicos, lo son a las gramíneas, mientras que en países como Holanda y Francia este porcentaje se incrementa hasta el 80% (Weeke & Spiekma, 1991). Sin embargo, la capacidad alergénica del grano de polen no es homogénea para toda la familia ya que ésta depende de la especie. Así, el género *Avena* presenta autopolinización de modo que su importancia alergógena es limitada, mientras que los géneros *Bromus*, *Cynodon*, *Dactylis* y *Lolium*, entre otros, son mucho más relevantes alergénicamente (Lewis *et al.*, 1983).

Un estudio realizado en los años 1995 y 1996 en 10 ciudades españolas determinó que el polen de gramíneas era la mayor causa de polinosis en ciudades como Bilbao, Madrid, Badajoz, La Coruña, Zaragoza, Toledo y Ciudad Real con un porcentaje de prick test positivos que oscilaron entre el 97 y el 58%. En ciudades del sur de la Península como Málaga y Sevilla fue la segunda causa tras el polen de *Olea* mientras que en Elche el polen de Chenopodiaceae fue el principal alergógeno (Subiza *et al.*, 1998; Subiza & Jerez, 2002). En Burgos y en Córdoba, el polen de gramíneas fue también la primera causa de polinosis ya que el 91 y 82% de los pacientes, respectivamente, mostraron signos de hipersensibilidad a los extractos de este tipo polínico (Domínguez-Vilches *et al.*,

1993; Carretero *et al.*, 2005). Finalmente, en Málaga el 57% de los pacientes con polinosis mostraron resultados positivos en pruebas cutáneas con extracto de polen de gramíneas (Torrecillas *et al.*, 1998).

Radauer & Breiteneder (2006) estimaron que de las 178 especies pertenecientes a 44 familias de plantas con polen catalogado en la literatura como alergógeno, una cuarta parte eran gramíneas. A pesar de la gran cantidad de alérgenos presentes en las gramíneas, ya que es la familia con el mayor número de alérgenos secuenciados, éstos comparten muchas características fisicoquímicas lo que explica la alta reactividad cruzada existente entre un gran número de géneros (Subiza & Jerez, 2002). Asimismo, también se han descrito reactividades cruzadas con el polen de *Platanus* (Varela *et al.*, 1997) y una asociación entre las sensibilizaciones a gramíneas y las de *Olea* en el sur de la Península, entre las de *Parietaria* en el Mediterráneo o las de *Betula* en el norte de España (Hernández de Rojas *et al.*, 1991).

4.2.2.8. Tipo *Quercus*

Morfología polínica



Polen trizonocolporado (colporoidado), isopolar, con simetría radial. Circular o ligeramente elíptico en vista ecuatorial y de subcircular a subtriangular ángulaperturado, con ángulos obtusos y aristas ligeramente convexas, en vista polar. De suboblado a subprolado. Tamaño de pequeño a mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, terminales, y endoaberturas de tipo poro, de márgenes difusos (poroide) situadas en el ecuador. Exina de unos $2\mu\text{m}$ de grosor y sexina tan gruesa o más gruesa que la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie granulada-verrugosa con la superficie de dichos elementos rugulada o bien con elementos puntiagudos.

El polen de *Quercus* representó el 8,3% del polen total del periodo estudiado. Los años centrales presentaron concentraciones muy superiores a la de los años 2000 y 2003, concretamente, en el año 2000 sólo se alcanzó el 14% del valor medio de los años 2001 y 2002, siendo éste último el que mayores niveles anuales registró con un casi 13% más que el año 2001, que le siguió en orden de abundancia y un 48% más que el año 2003 (Fig.4.58).

Especies más frecuentes: *Quercus ilex* ssp *ballota* (Desf) Samp., *Q. suber* L., *Q. coccifera* L.

Variación estacional

El polen de *Quercus* representó el 8,3% del polen total del periodo estudiado. Los años centrales presentaron concentraciones muy superiores a la de los años 2000 y 2003, concretamente, en el año 2000 sólo se alcanzó el 14% del valor medio de los años 2001 y 2002, siendo éste último el que mayores niveles anuales registró con un casi 13% más que el año 2001, que le siguió en orden de abundancia y un 48% más que el año 2003 (Fig.4.58).

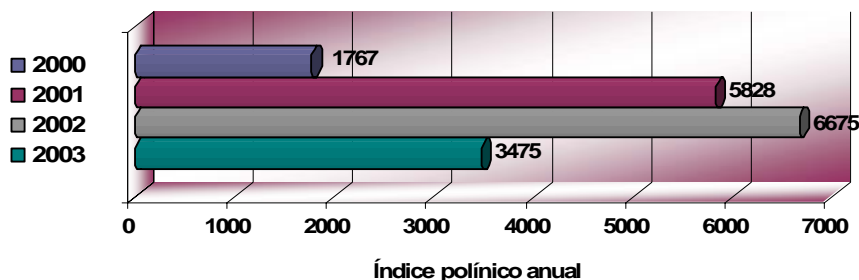


Fig.4.58. Índice polínico anual del tipo polínico Poaceae para los años estudiados.

Los meses en los que se producen las máximas concentraciones de polen de *Quercus* oscilaron de marzo a mayo. En el mes de mayo se alcanzaron los máximos niveles de polen de *Quercus* para los dos últimos años de muestreo, mientras que en 2001 fue abril el que registró el mayor índice polínico mensual, tanto dentro de ese año como entre todos los restantes, superando en un 21 y 50% a los índices máximos en los años 2002 y 2003, respectivamente y en un 82% al del año 2000, en cuyo caso, el valor máximo mensual estuvo localizado en marzo. Si exceptuamos julio y parte de agosto, los restantes meses mostraron índices polínicos mínimos que no llegaron a superar el valor de 5 como media (Fig.4.59).

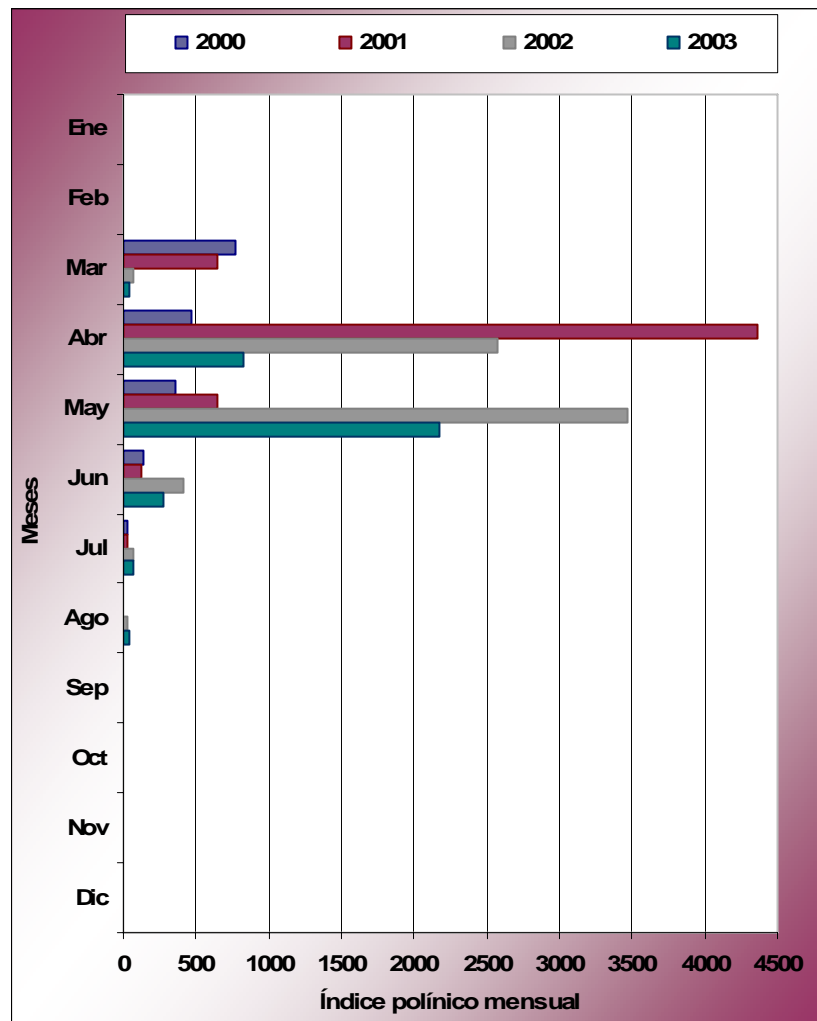


Fig.4.59. Índice polínico mensual del tipo *Quercus* durante los años 2000-2003.

La distribución del polen de *Quercus* a lo largo del año se caracteriza por la aparición de una serie de picos sucesivos de diferente intensidad y con una gran irregularidad de unos años a otros, alcanzando las máximas concentraciones en fechas que comprenden desde finales de marzo hasta finales de mayo. En los dos primeros años, dicho pico se produce cerca del comienzo del periodo de polinación principal, mientras que en los restantes años se produce un atraso, siendo el año 2003 el caso más extremo, con su pico máximo próximo al final de dicho periodo de polinación. El pico máximo de concentración se alcanzó en el año 2001, en el que se registraron 745 granos/m^3 el día 7 de abril, lo que supuso un 53 % más como media que en los demás años.

El año 2000 fue el año en el que se registraron valores diarios más bajos, con una media que apenas supera los 17 granos/m^3 , mientras que en los restantes años, gran parte de las concentraciones medias diarias alcanzaron y superaron los 100 granos/m^3 de media (Fig.4.60).

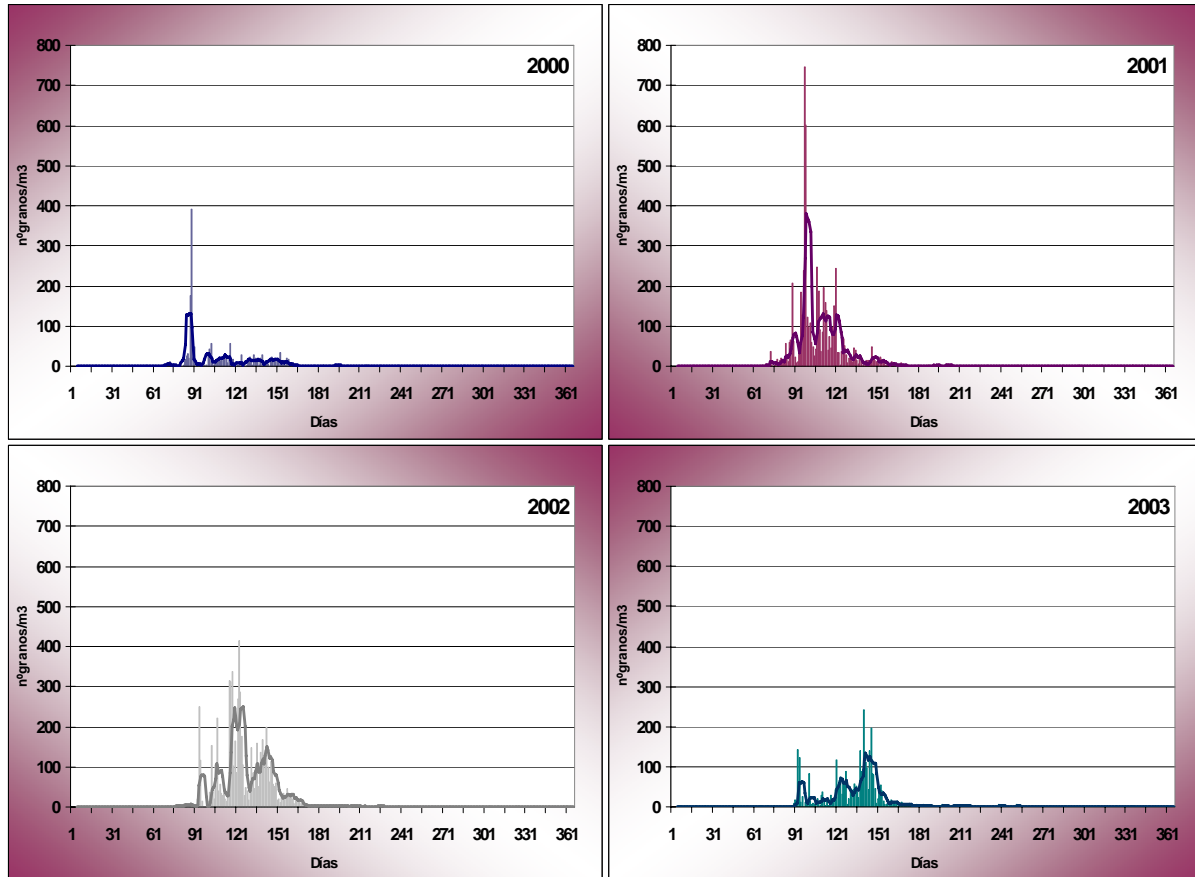


Fig.4.60. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Quercus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP fue de 88 días, siendo muy similar en los tres primeros años y alargándose en el último año 35 días con respecto al año anterior. Mientras que la fecha de inicio estuvo muy próxima en todos los años, la de finalización varió desde comienzos de junio hasta finales de julio, siendo la causante de las mayores diferencias existentes de unos años a otros en la duración del PPP (Tabla 4.55).

Quercus	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	83	82	92	91
Fecha inicio	23-mar	23-mar	02-abr	01-abr
Dato fin	164	152	172	207
Fecha fin	12-jun	01-jun	21-jun	26-jul
Duración	82	71	81	117
Día pico	29-mar	07-abr	02-may	20-may
Valor max	392	745	414	242

Tabla 4.55. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo *Quercus* para cada uno de los años de estudio.

En cuanto a las medias semanales se aprecian claramente los picos que se suceden en el tiempo con un periodo post-pico que se alarga hasta la primera quincena de septiembre (trigésimo sexta semana), con una duración de dieciocho semanas. La longitud del prepico fue de menos de la mitad, comenzando a principios de marzo (décima semana) y ascendiendo rápidamente para presentar su primer pico un par de semanas después. El pico más importante aparece reflejado en la primera semana de mayo. (Fig. 4.61).

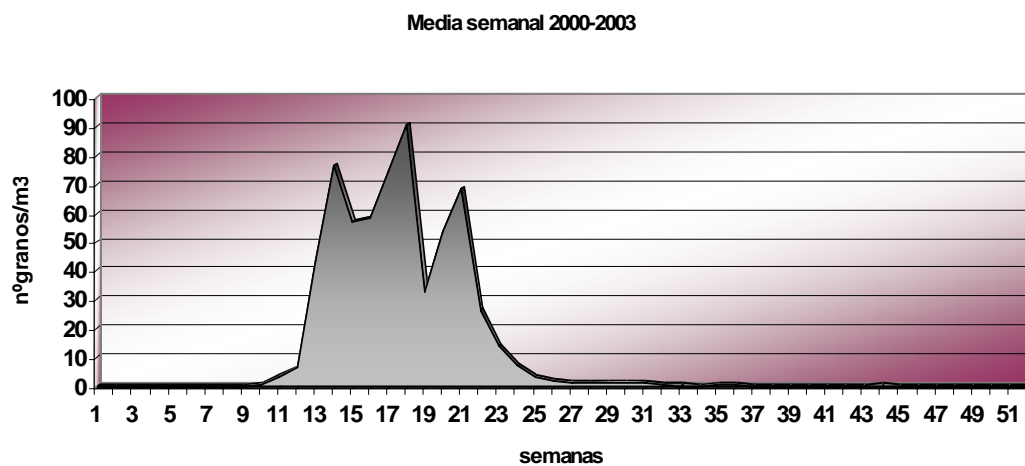


Fig.4.61. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo *Quercus*.

Variación intradiaria

La variación intradiaria mostró una distribución bastante homogénea a lo largo de todas las horas, obteniéndose valores bajos del IDI que presentaron un valor medio de 0,035. En algunos años, especialmente en el año 2001 que tuvo un IDI mayor, se apreció un leve ascenso de las concentraciones polínicas del tipo *Quercus* en la franja horaria circundante a la medianoche, aunque apenas significativo.

El máximo porcentaje acumulado se registró en el año 2001 con el 11,7 % desde las 20 hasta las 22h, aunque en los demás años los porcentajes acumulados de 2 horas oscilaron durante las 24h del día entre el 7 % y el 10 % aproximadamente (Fig.4.62).

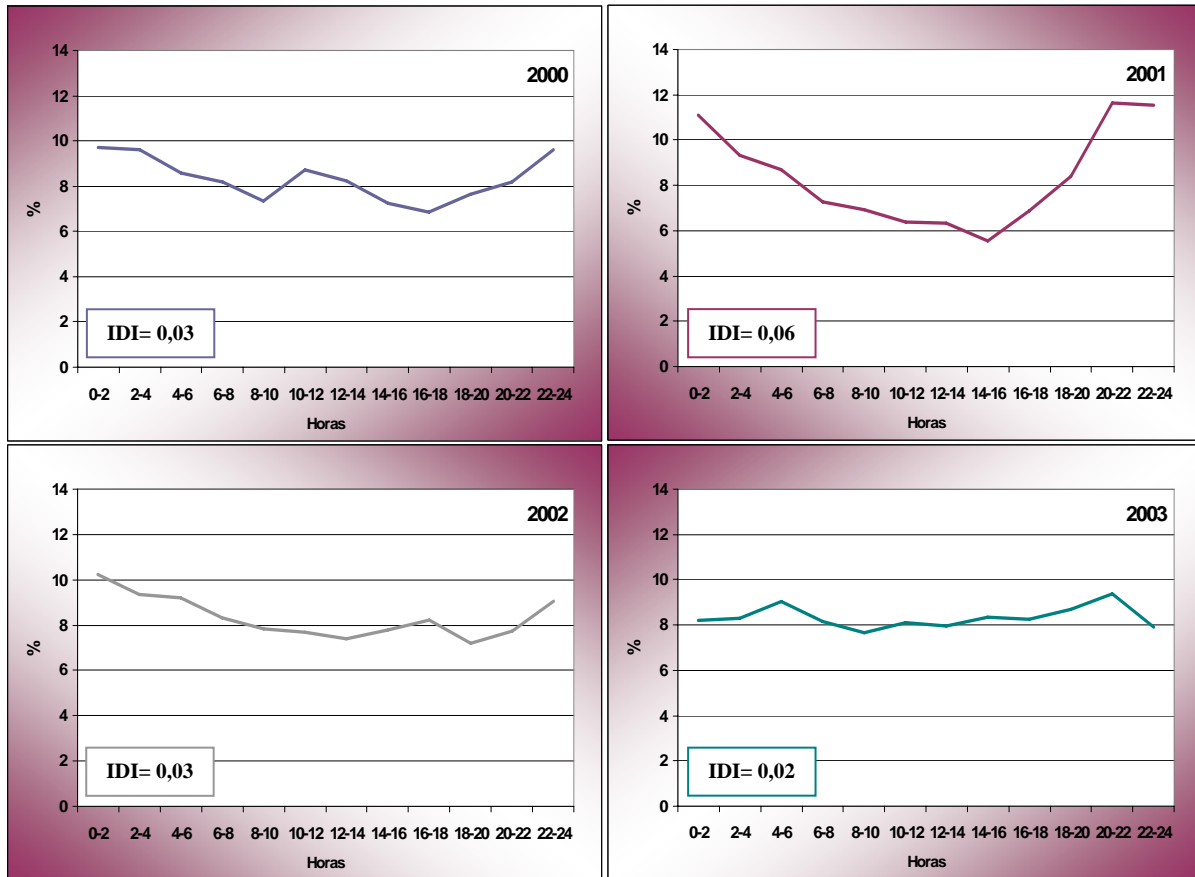


Fig.4.62. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de *Quercus* a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Cuando se tiene en cuenta todo el PPP, las correlaciones analizadas únicamente resultaron significativas en el año 2003, a excepción de las precipitaciones que sólo lo fueron en los años 2000 y 2002. Si se toman los datos de todo el periodo completo 2000-2003, las correlaciones se transforman en significativas y negativas tanto con la temperatura como con las precipitaciones (Tabla 4.56).

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
Tª media	0,019	-0,095	-0,107	-0,523***	-0,209***
Tª mínima	-0,100	-0,248*	-0,188	-0,509***	-0,281***
Tª máxima	0,158	0,051	0,008	-0,503***	-0,141**
Precipitaciones	-0,485***	-0,228	-0,337**	0,060	-0,224***

Tabla 4.56. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Quercus* y los diferentes parámetros meteorológicos. *0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Las correlaciones que no eran significativas teniendo en cuenta todo el PPP, se vuelven significativas en el año 2002 con signo positivo y negativo con el prepico y postpico, respectivamente en el caso de la temperatura. Si bien no sucede lo mismo con los dos primeros años de muestreo, donde las correlaciones siguen siendo no significativas en todos los casos excepto con la temperatura mínima durante el postpico del año 2001. En el año 2003 las correlaciones elevaron su valor, no pudiéndose establecer una correlación con las precipitaciones del postpico por ausencia de lluvias.

Durante el periodo 2000-2003 todas las correlaciones resultaron significativas, tanto con la temperatura media, como con la mínima y la máxima, siendo positivas para el prepico y negativas para el postpico. En el caso de las precipitaciones, en ambos periodos fueron negativas (Tabla 4.57).

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
T ^a med	0,109	0,089	0,204	-0,253	0,469**	-0,486***	0,674***	-0,639***	0,420***	-0,355***
T ^a mín	0,072	-0,017	-0,005	-0,405**	0,484**	-0,646***	0,524***	-0,521***	0,310**	-0,409***
T ^a máx	0,369	0,212	0,291	-0,092	0,431*	-0,304*	0,691***	-0,616***	0,478***	-0,278***
Precip	-0,612	-0,457***	-0,350	-0,204	-0,649***	-0,076	-0,279*	-	-0,406***	-0,177**

Tabla 4.57. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico *Quercus* y los diversos parámetros meteorológicos. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

-Análisis de regresión

Los escasos modelos significativos conseguidos con la introducción de la variable temperatura logran explicar un porcentaje muy reducido de la varianza de la concentración polínica a lo largo del PPP (Tabla 4.58). Asimismo, las ecuaciones realizadas con el prepico y el postpico no lograron una mejora significativa del modelo, mostrando sólo un ligero incremento en el valor de R² (0,033 y 0,068, respectivamente).

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000	y = -3,148 Tmin + 62,255	0,045	3,747NS
2001	y = 3,512 Tmed + 15,395	0,005	0,345NS
2002	y = -4,047 Tmin + 137,545	0,006	1,470NS
2003	y = -2,371 Tmed + 78,449	0,046	5,507*
2000-2003	y = -3,408 Tmin + 98,677	0,022	7,986**

Tabla 4.58. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Quercus* en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, NS no significativo.

Los autocorrelogramas mostraron un mayor grado de asociación con la concentración del día anterior, presentando valores que oscilaban entre 0,624 y 0,649, a excepción del año 2000 en el que el coeficiente de correlación se redujo hasta un valor de 0,37, siendo el único retardo estadísticamente significativo para este año (Fig.4.63).

Exceptuando el año 2000, el porcentaje explicado en los diferentes años por la concentración del día anterior asciende a casi el 40%, siendo ligeramente superior cuando se considera el periodo completo 2000-2003 y mucho mayor al mostrado con la variable temperatura como variable predictora (Tabla 4.59). Al dividir el PPP no se consiguió ningún incremento en el valor de R^2 , ni en el periodo prepico, donde no se logró ni la mitad del valor obtenido con el PPP completo, ni en el postpico.

Con la variable D-media lejos de incrementarse el coeficiente de regresión, éste mostró un descenso en la mayor parte de los casos, especialmente cuando se considera el periodo completo en el que la R^2 decreció un 40%. En los años en los que se produjo una mejora del modelo, ésta fue mínima. Al igual que con la variable predictora “concentración del día previo” al dividir el PPP en prepico y postpico no se lograron coeficientes más elevados.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000	$y = 0,322 D + 3,955$	0,069	5,920*	0,041	$y = 0,369 C_{t-1} + 13,143$	0,136	12,432**	0,397***
2001	$y = 2,058 D - 40,196$	0,413	48,453***	0,409***	$y = 0,626 C_{t-1} + 29,685$	0,393	43,945***	0,703***
2002	$y = 1,498 D + 6,526$	0,403	53,318***	0,676***	$y = 0,633 C_{t-1} + 29,296$	0,399	51,710***	0,725***
2003	$y = 0,549 D + 9,704$	0,244	37,194***	0,783***	$y = 0,632 C_{t-1} + 10,503$	0,398	75,477***	0,791***
2000-2003	$y = 1,043 D + 0,105$	0,251	117,161***	0,505***	$y = 0,650 C_{t-1} + 16,988$	0,422	254,585***	0,770***

Tabla 4.59. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Quercus* en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Al introducir además de la concentración del día anterior, las variables D-media y temperatura máxima en el modelo de **regresión múltiple** por pasos, se obtuvo un valor de R^2 mayor, pasando a explicar más de la mitad de la varianza de la concentración de polen. Al dividir el PPP en prepico y postpico, no consiguió una mejora del modelo en ninguno de los casos (Tabla 4.60).

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R^2	R^2 corregido	F
$y = 0,544 C_{t-1} + 0,866 D + 4,126 T_{max} - 114,690$	0,553	0,550	142,945***

Tabla 4.60. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de *Quercus* en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

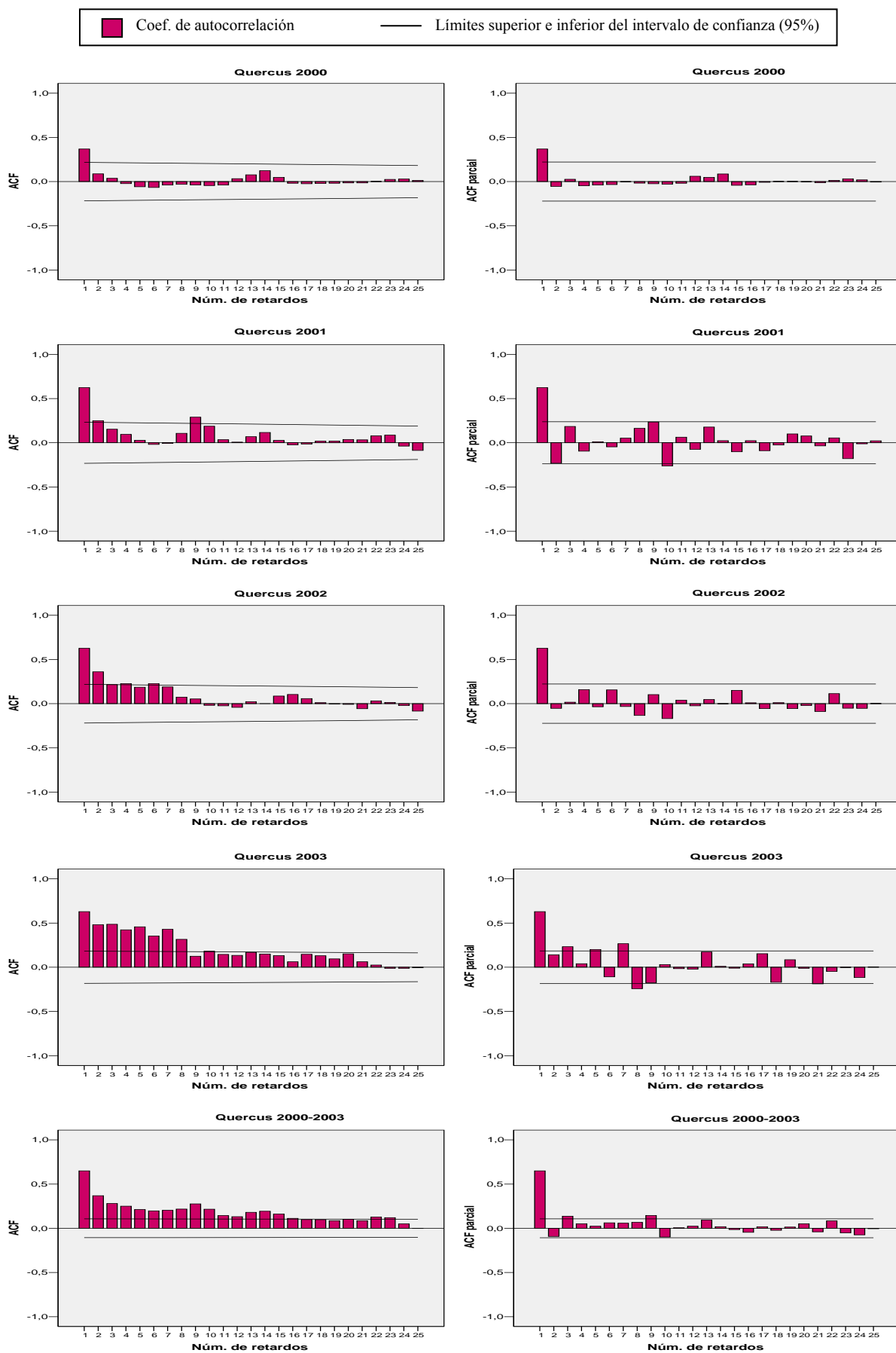


Fig.4.63. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de *Quercus* a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

Este género incluye especies esclerófilas típicas del clima mediterráneo como *Quercus ilex* ssp *ballota* (Desf) Samp. y *Q. coccifera* L., así como especies ampliamente extendidas en la región Euroasiática y América como *Q. suber* L., *Q. faginea* Lam. o *Q. robur* L.

El polen de *Quercus* es el quinto por orden de abundancia en la atmósfera de Nerja, registrándose los mayores niveles de marzo a junio, siendo abril y mayo los meses en los que se detectaron las mayores concentraciones polínicas. Este comportamiento que presenta es similar al de otras regiones del sur de Europa, mientras que en el norte, el periodo de polinación es más tardío (mayo-junio) (Spiexma, 1991a). El porcentaje de polen de *Quercus* alcanzado en función del polen total difiere en función de la localidad estudiada. Así, mientras que en Vigo (Rodríguez-rajo *et al.*, 2004c) representa el 7% del polen total anual (1995-2001), porcentaje similar al obtenido en Nerja, en Toledo constituye el 20% (García-Mozo, 2006). Cáceres es la provincia española en la que se detectan los mayores niveles de polen de la Península, donde ocupa el segundo lugar por orden de abundancia, lográndose años en el que el índice anual superó un valor de 25.000, lo que supuso más del 40% del contenido de polen total (Paulino *et al.*, 2002). En Andalucía es Córdoba la provincia en la que se alcanzan los mayores índices anuales, con un valor medio durante el periodo 2000-2003 de 8.560 (Alcázar *et al.*, 2002; 2004; *confer* Rea 7-8). En localidades cercanas como Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007) y Málaga capital, la distribución estacional presenta un comportamiento común, aunque se registran concentraciones ligeramente superiores a las de Nerja, siendo generalmente el tercer polen por orden de abundancia con el 11% del total como media (1992-1998) (Recio *et al.*, 1999).

Cabe destacar las grandes diferencias encontradas en relación con el índice anual de unos años a otros, siendo mucho menores en el primer y último año de muestreo, posiblemente causado por las escasas lluvias del otoño e invierno del periodo 1999-2000 que no favoreció la producción de flores en el primer año, mientras que las continuas lluvias del año 2003 durante el PPP pudieron dificultar la liberación del polen.

La distribución intradiaria mostró un patrón bastante homogéneo donde las curvas tuvieron máximos del 6% al caer la noche o durante la madrugada. Este fenómeno aparece también en Málaga capital (Recio *et al.*, 1999), probablemente debido al efecto contrabrisa al igual que sucede con otros tipos como *Olea*, aunque en otros estudios realizados en Córdoba (Galán *et al.*, 1991) y Estepona (Toro, 1997) las mayores concentraciones se producen durante la tarde.

Las correlaciones con los parámetros meteorológicos resultaron en muchos casos no significativas debido a los ascensos y descensos sucesivos de las concentraciones de polen a lo largo del PPP. La aparición de varios picos en la curva puede estar ocasionada por la diferente floración de las especies de *Quercus* ya que las de hoja caduca florecen en primer lugar, mientras que las de hoja perenne lo hacen con posterioridad (Belmonte *et al.*, 1991). Además, cabe destacar la escasez de datos

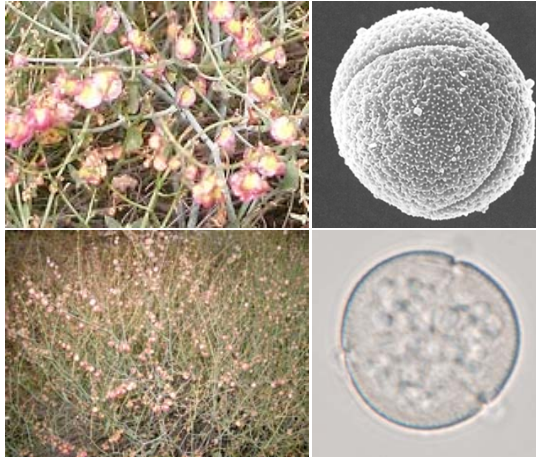
en el prepico de los años 2000 y 2001 por la pronta aparición del pico máximo de concentración lo que hizo que tampoco se obtuvieran correlaciones significativas. En los demás casos, como los tipos polínicos típicos de primavera-verano presentaron correlaciones positivas durante el prepico y negativas durante el postpico con las temperaturas.

A pesar de la frecuencia de este tipo polínico en la atmósfera, la incidencia en la población no suele ser muy elevada (Ickovic & Thibaudon, 1991; Viñas, 2002b; Bartra *et al.*, 2004), estando clasificado como alergénico pero sólo cuando está presente en grandes cantidades (Linskens & Cresti, 2000). Así, en Mérida sólo el 3,5% de los pacientes con polinosis presentaron una reactividad positiva en pruebas cutáneas con extractos de polen de *Quercus*, no hallándose ningún paciente monosensible (Prados *et al.*, 1995). En Madrid el porcentaje se incrementa hasta el 14% (Subiza *et al.*, 1995) y el 18% en Burgos (Carretero *et al.*, 2005). En Málaga, sólo el 7,5% de los pacientes con polinosis presentaron reactividad a extractos de polen de *Quercus* aunque ninguno fue monosensible (Torrecillas *et al.*, 1998). Un estudio realizado en Barcelona describió los dos primeros casos de alergia respiratoria en pacientes monosensibles al polen de *Quercus* (Bartra *et al.*, 2004).

Finalmente destacar que el polen de *Quercus* puede producir reactividad cruzada con otros pólenes de géneros de la misma familia, además de *Olea* y gramíneas (Ickovic & Thibaudon, 1991) por lo que las personas alérgicas pueden mostrar una sintomatología muy prolongada en el tiempo.

4.2.2.9. Tipo *Rumex*

Morfología polínica



los muros.

Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Subcircular en vista ecuatorial y circular en vista polar. De oblado esferoidal a subprolado. Tamaño de pequeño a mediano. Ectoaperturas de tipo colpo, terminales y endoaperturas de tipo poro, de $1\mu\text{m}$ de diámetro aproximadamente y en posición ecuatorial. Exina de alrededor de $1,5\text{-}2\mu\text{m}$ de grosor, con sexina más o menos del mismo grosor que la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie perforada, con elementos escábridos sobre

Especies más frecuentes: *Rumex induratus* Boiss. & Reut., *R. bucephalophorus* L., *R. pulcher* L.

Variación estacional

El polen de *Rumex* representó el 0,8% del índice total anual del periodo estudiado, durante el que se observó un aumento progresivo en la cantidad total de polen a lo largo de los años de muestreo, aunque en los años centrales las concentraciones fueron similares. Entre el primer y último año existió una diferencia en el índice polínico anual de 184, lo que supuso un incremento del 36% en el valor de dicho tipo polínico (Fig.4.64).

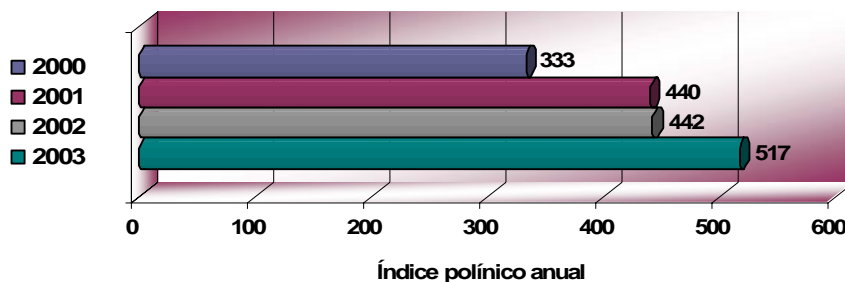


Fig.4.64. Índice polínico anual del tipo polínico *Rumex* para los años estudiados.

El mes de mayo fue el que registró los valores mensuales mayores para todos los años excepto para el año 2001 que fue abril, aunque cabe destacar que este mes fue el segundo en orden de abundancia en los restantes años. Estos dos meses representaron desde el 68% en el año 2001 hasta el 84% del total anual de este tipo polínico en el año 2003. Si exceptuamos a marzo y junio, con un índice mensual de 75 como media, los restantes meses mostraron concentraciones muy bajas registrándose en 15 de los 30 meses de este periodo valores de 0 (Fig.4.65).

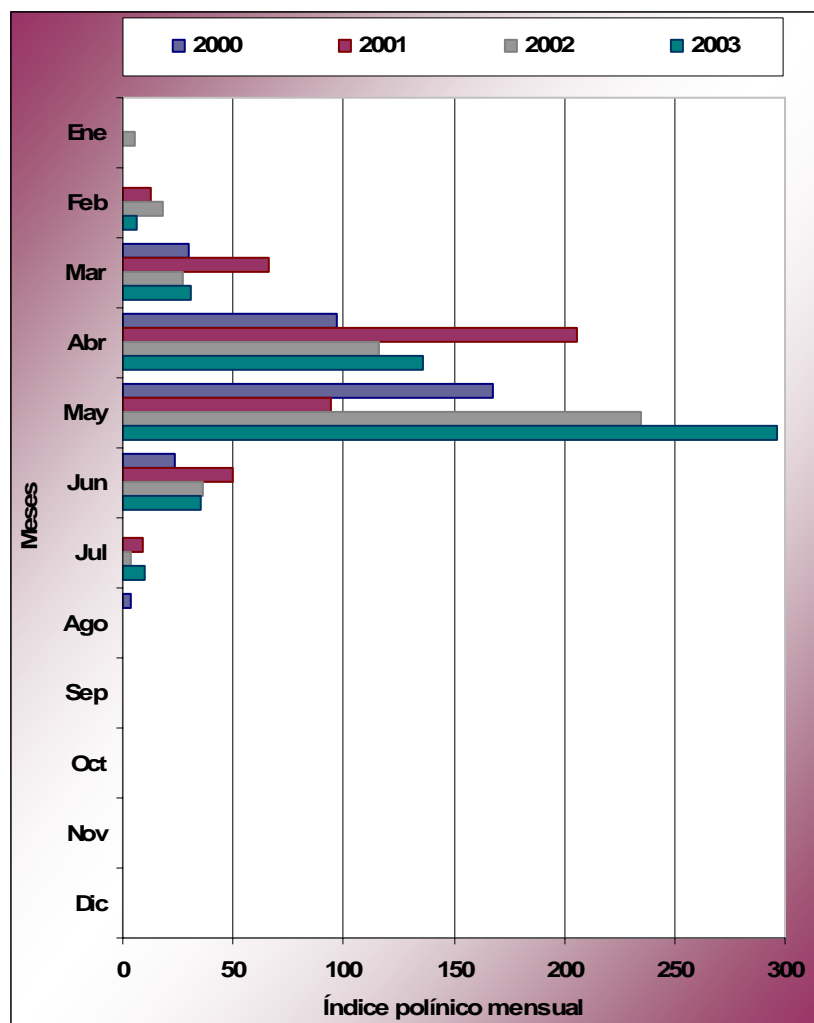


Fig.4.65. Índice polínico mensual del tipo *Rumex* durante los años 2000-2003.

La distribución diaria del polen de tipo *Rumex* se caracterizó por la presencia de dos picos consecutivos donde se concentraron las mayores cantidades de polen y unas colas donde los niveles bajaron drásticamente, siendo más largas las previas a los picos que las posteriores a estos.

El año 2000 fue donde el número de granos de polen diario fue menor, no superando, excepto en los picos de máxima concentración, los 5 granos/m³ como media anual. En el año sucesivo, la cola previa a los picos mostró niveles superiores a los registrados en los demás años, aunque el 2003 fue el que presentó las mayores concentraciones, especialmente, durante el periodo de mayor incidencia atmosférica con un máximo de 44 granos/m³ (Fig.4.66).

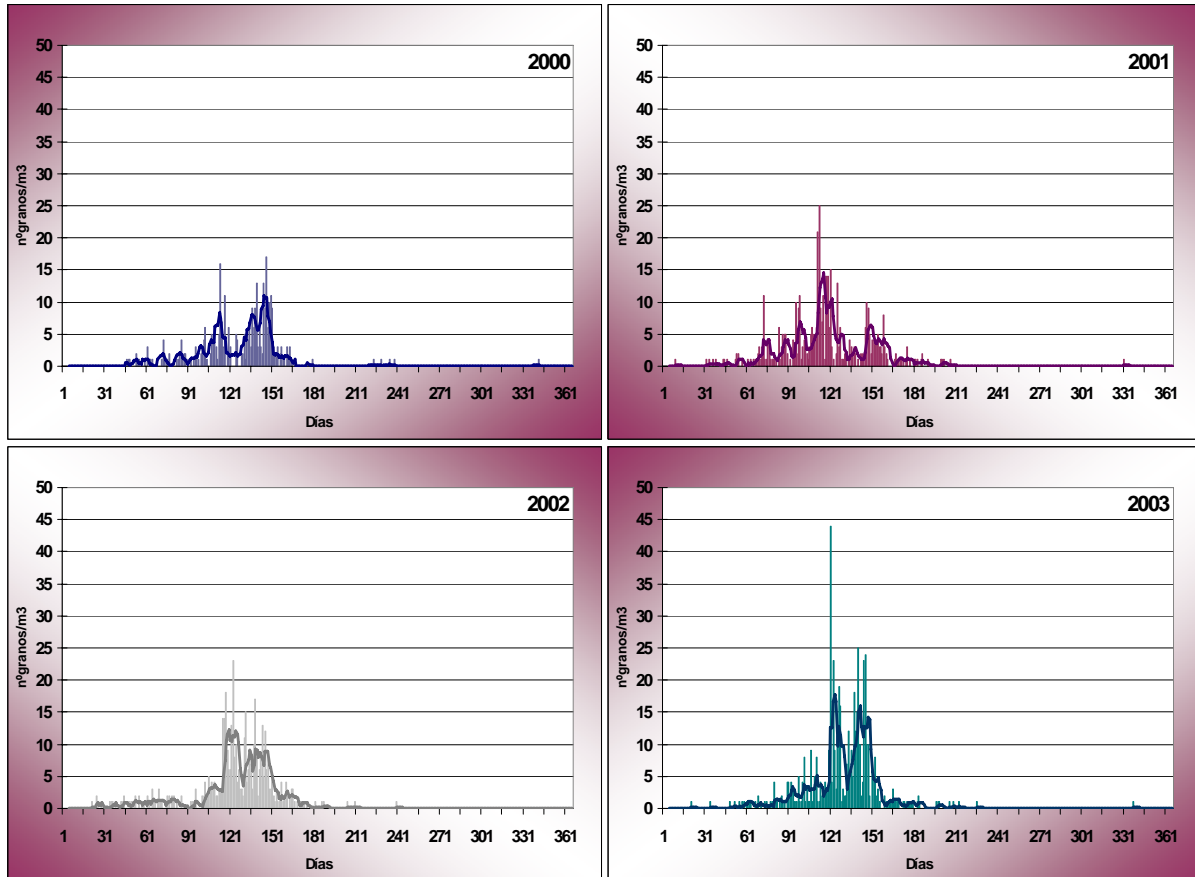


Fig.4.66. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Rumex* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP fue de 118 días con una diferencia máxima de 20 días entre el año 2000 y el 2001. Mientras que la fecha de finalización estuvo más próxima entre los distintos años, aconteciendo en todos los casos en la segunda quincena de junio, la de inicio tuvo una mayor oscilación llegando a un intervalo interanual de 24 días (Tabla 61).

Rumex	2000	2001	2002	2003
Dato inicio	58	54	44	68
Fecha inicio	27-feb	23-feb	13-feb	09-mar
Dato fin	164	180	168	178
Fecha fin	12-jun	29-jun	17-jun	27-jun
Duración	107	127	125	111
Día pico	26-may	22-abr	02-may	30-abr
Valor max	17	25	23	44

Tabla 4.61. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación del tipo *Rumex* para cada uno de los años de estudio.

Como se ha comentado previamente, como media, el periodo prepico tuvo una mayor duración que el post-pico, mostrando una media aproximada de unas 13 semanas frente a la mitad del postpico. En la distribución de la media de las concentraciones medias semanales, también se aprecia la presencia de los dos picos consecutivos, que discurrieron entre mediados de abril y principios de junio y que alcanzaron niveles similares (Fig.4.67).

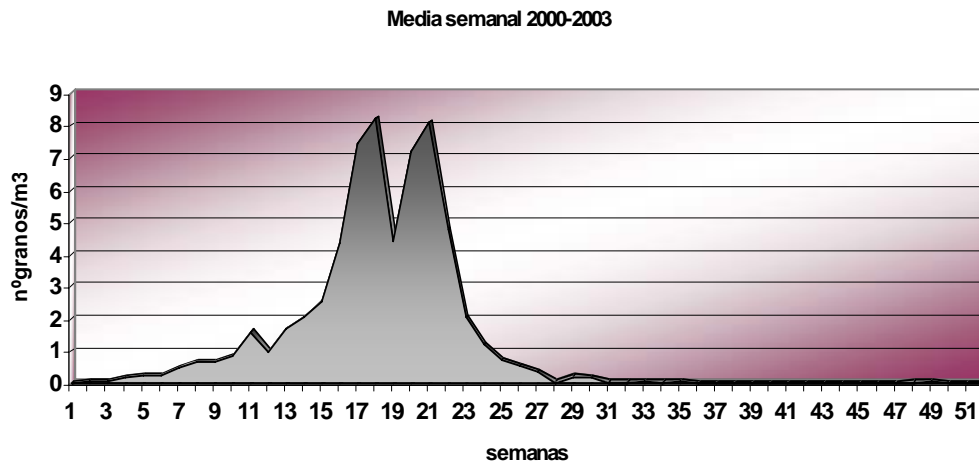


Fig.4.67. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo *Rumex*.

Variación intradiaria

A lo largo de este periodo de estudio no se observó un patrón muy definido, con altibajos que se sucedieron durante las 24 horas del día y un valor del IDI bajo. Sólo el año 2000, con un IDI mayor, mostró un incremento más significativo entre las 10 y las 12 horas.

En todos los años, excepto en el año 2000, se obtuvieron porcentajes acumulados de 2 horas que oscilaron entre el 6% como niveles mínimos y el 12% como máximo. Sin embargo, en el primer año de estudio los porcentajes variaron entre 5% y el 15%, aproximadamente (Fig.4.68).

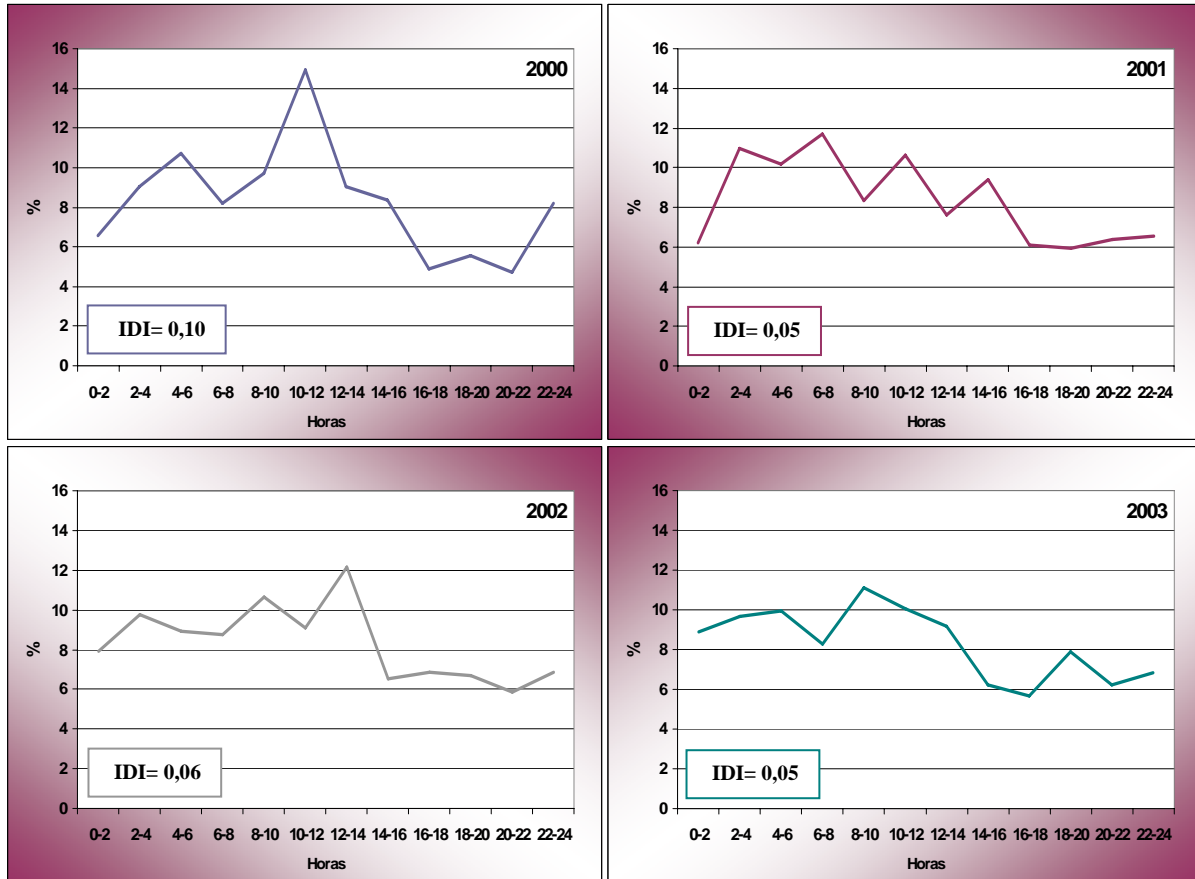


Fig.4.68. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de *Rumex* a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Los valores más elevados del coeficiente de correlación se alcanzaron en el año 2000 y 2002, que junto con el periodo global 2000-2003, reflejaron asociaciones positivas con la temperatura y negativa con las precipitaciones. Los años impares no mostraron correlaciones significativas excepto en el año 2001 con las precipitaciones (Tabla 4.62).

Correlación de Spearman					
	2000	2001	2002	2003	2000-2003
Tª media	0,487***	0,037	0,458***	0,136	0,297***
Tª mínima	0,420***	-0,024	0,497***	0,040	0,220***
Tª máxima	0,502***	0,071	0,376***	0,172	0,313***
Precipitaciones	-0,251**	-0,231**	-0,308***	-0,033	-0,214**

Tabla 4.62. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo *Rumex* y los diferentes parámetros meteorológicos. **0,001 < p < 0,01, ***p < 0,001.

Existe un incremento en el número de correlaciones significativas al separar prepico y postpico. Así, en el año 2003 aparecieron correlaciones significativas bastante elevadas tanto en el periodo prepico como en el postpico con todas las variables de temperatura excepto con la temperatura mínima durante el prepico. En el año 2001, mientras que en el prepico aparecieron algunas correlaciones significativas, ninguna lo fue durante el postpico. Esto mismo sucedió en el año 2000, aunque los coeficientes de correlación durante el prepico fueron mucho más elevados.

Por lo general, las precipitaciones únicamente mostraron un grado de asociación negativo y significativo con las concentraciones polínicas en el prepico, incluso si consideramos todo el periodo de cuatro años (Tabla 4.63).

	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
T ^a med	0,556***	0,044	0,319*	-0,158	0,359**	-0,349*	0,618***	-0,555***	0,499***	-0,327***
T ^a mín	0,456***	-0,078	0,173	-0,174	0,240*	-0,508***	0,227	-0,560***	0,341***	-0,355***
T ^a máx	0,567***	0,372	0,318*	-0,106	0,429***	-0,165	0,722***	-0,528***	0,514***	-0,262***
Precip	-0,257*	0,104	-0,273*	-0,194	-0,301**	-0,202	-0,108	0,205	-0,251***	-0,018

Tabla 4.63. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico *Rumex* y los diversos parámetros meteorológicos. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

-Análisis de regresión

Las ecuaciones lineales de regresión calculadas con las variables de temperatura presentaron unos valores de R² muy reducidos, con modelos no significativos en alguno de los casos y siendo el año 2002 la excepción con coeficientes de regresión mayores. Si consideramos todo el periodo en su conjunto, al dividir el PPP en un periodo prepico y otro postpico se observó que al analizar el prepico en función de la temperatura máxima, el porcentaje de varianza de la concentración de polen explicada se elevó hasta un 23,8% (Tabla 4.64).

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R ²	F
2000	y = 0,484 Tmed - 5,237	0,163	20,392***
2001	y = -0,085 Tmin + 4,502	0,005	0,638NS
2002	y = 0,534 Tmax - 8,024	0,207	32,091***
2003	y = 0,254 Tmax - 1,276	0,026	2,868NS
2000-2003	y = 0,287 Tmax - 2,835	0,052	26,675***

Tabla 4.64. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Rumex* en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *0,01 < p ≤ 0,05, **0,001 < p ≤ 0,01, ***p ≤ 0,001.

Analizando las autocorrelaciones establecidas entre las concentraciones de polen y los sucesivos retardos, cuyas gráficas aparecen en la figura 4.69, se escogió de nuevo el día anterior como variable independiente con mayor coeficiente de autocorrelación.

El porcentaje de varianza de la concentración de polen explicada por la concentración del día previo en las ecuaciones lineales simples varía en función del año, obteniéndose el coeficiente de regresión más elevado en el año 2002 (Tabla 4.65). Si dividimos el PPP en periodos prepico y postpico se aprecia que mientras que con el periodo prepico se produce un empeoramiento del modelo predictivo, con el periodo postpico el valor de la R^2 se incrementó, aunque ligeramente (0,289).

En relación con la D-media cabe mencionar el incremento del porcentaje explicado si lo comparamos con las anteriores variables estudiadas, encontrándose el mayor valor de R^2 en el año 2003, al contrario de lo que sucede con la concentración del día anterior. Otro importante aumento se observó en la ecuación que considera el periodo de muestreo completo 2000-2003. En este caso al dividir el PPP no se halló ninguna mejora en los modelos predictivos.

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000	$y = 0,666 D + 0,467$	0,353	57,342***	0,639***	$y = 0,506 C_{t-1} + 1,486$	0,257	35,986***	0,544***
2001	$y = 0,708 D + 0,978$	0,287	50,202***	0,612***	$y = 0,509 C_{t-1} + 1,624$	0,259	43,341***	0,551***
2002	$y = 0,957 D + 0,190$	0,497	121,305***	0,780***	$y = 0,660 C_{t-1} + 1,152$	0,436	94,133***	0,689***
2003	$y = 1,687 D - 1,752$	0,643	196,095***	0,712***	$y = 0,419 C_{t-1} + 2,584$	0,175	22,969***	0,592***
2000-2003	$y = 0,995 D + 0,036$	0,427	349,461***	0,680***	$y = 0,506 C_{t-1} + 1,738$	0,256	160,772***	0,593***

Tabla 4.65. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de *Rumex* en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. *** $p \leq 0,001$.

Al introducir un mayor número de variables en la **regresión múltiple** por pasos se logró un pequeño incremento en el valor del coeficiente de regresión en relación con el obtenido con la D-media como única variable. En este caso, dicha variable fue elegida en primer lugar seguida de la concentración del día anterior y la temperatura máxima (Tabla 4.66).

Con la división del PPP en prepico y postpico tampoco se consiguió un aumento del porcentaje explicado por las variables anteriores.

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003			
	R^2	R^2 corregido	F
$y = 0,795 D + 0,238 C_{t-1} + 0,135 T_{max} - 3,086$	0,487	0,484	147,185***

Tabla 4.66. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de *Rumex* en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). *** $p \leq 0,001$.

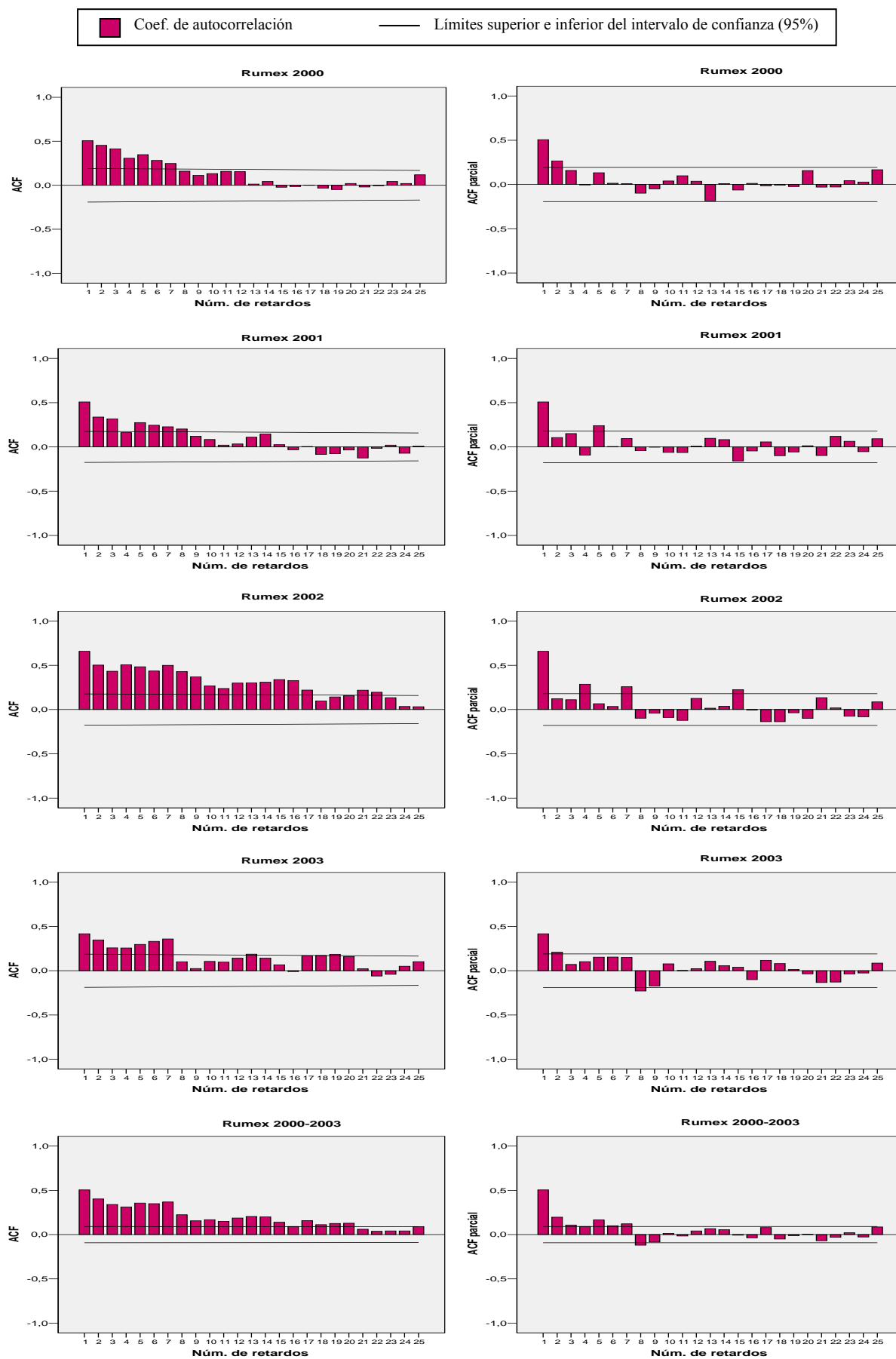


Fig.4.69. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de *Rumex* a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

Plantas herbáceas anuales o vivaces de amplia distribución en las regiones templadas del Hemisferio Norte. Son frecuentes en prados y en suelos nitrófilos. En Nerja, el polen de *Rumex* ocupó el décimo lugar por orden de abundancia, presentando un comportamiento y unas concentraciones en la atmósfera similares a las de localidades cercanas como Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004) y otras más alejadas como Antequera (Recio *et al.*, 2000) y Estepona (Toro *et al.*, 1997). En Granada, Almería o Jaén, los niveles registrados fueron algo inferiores a los de Nerja, mientras que en Sevilla y Huelva presentaron mayores oscilaciones, sufriendo un fuerte incremento en el año 2001 donde se superó un índice de 1.000. Otras ciudades españolas en las que se sobrepasó ese valor fueron Cáceres, donde se registran los índices más elevados de la Península y otras como Ciudad Real, León y Badajoz. En el levante español las cantidades polínicas anuales fueron menores, al igual que por término general en Galicia, donde además se observó un retraso en la detección de las mayores concentraciones (*confer Rea 7-8*).

El polen de *Rumex* mostró una distribución intradiaria bastante irregular en la que se suceden pequeños incrementos y descensos a lo largo de todo el día, apareciendo una ligera tendencia a la disminución de las concentraciones durante la tarde. Sin embargo, en Córdoba, se estable una pauta más marcada con un mayor porcentaje de polen en las horas del mediodía (Galán *et al.*, 1991).

El polen de *Rumex* apareció principalmente de marzo hasta junio pero su distribución se caracterizó por la presencia de varios picos sucesivos con los consiguientes incrementos y descensos de los niveles polínicos que dificultaron el hallazgo de correlaciones significativas, especialmente en los años impares.

Las correlaciones resultaron positivas con las temperaturas durante el prepico y negativas en el postpico. Sin embargo, el año 2000 no presentó correlaciones significativas en el postpico, al igual que en el 2001, probablemente debido al escaso número de datos del periodo postpico, lo que dificultó la aparición de dicha significación. Las precipitaciones con una correlación negativa con las concentraciones de polen durante el prepico, tampoco mostraron ningún grado de asociación significativo con las concentraciones polínicas en el postpico ya que se registraron un máximo de siete días de lluvia, de las cuales, únicamente 3 superaron el milímetro.

Las acederas pertenecen a la familia Polygonaceae y está considerado como el único género con mayor relevancia alérgica ya que presentan polinización anemófila frente a otros géneros con autopolinización o polinización entomófila. Su polen ha sido citado por su capacidad alérgica en numerosos trabajos (Solomon, 1969; Lewis *et al.*, 1984; Frank *et al.*, 1991; Spieksma, 1991b), aunque su relevancia clínica puede estar infravalorada debido a la coincidencia con la floración de otros tipos catalogados como importantes alérgenos como es el caso de las gramíneas y el olivo. Así, el polen de *Rumex* ha sido reportado como altamente alérgico por Levetin & Buck (1980).

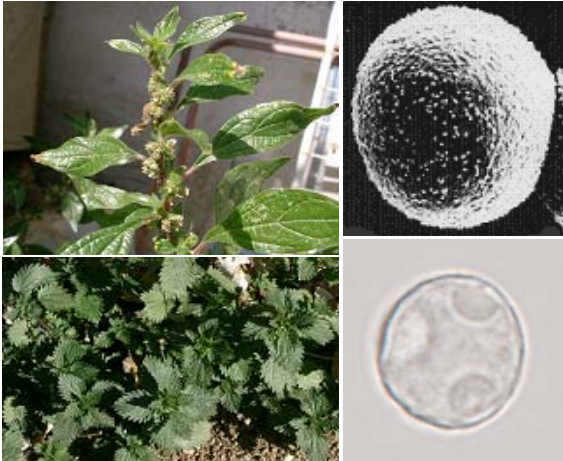
En Holanda donde el polen de *Rumex* tan solo representó el 1,6 % del contenido anual total, el 1,7% de los pacientes presentaron sensibilidad a extractos de polen de *Rumex* (Spieksma, 1991b), incluyéndose en la lista de los polenes alergógenos importantes (Driessen & Derksen, 1989), mientras que en Michigan (USA), Solomon (1969) encontró cerca de un 70% de resultados positivos en prick test entre los pacientes atópicos.

En España, en la provincia de Burgos, el 15% de los pacientes con sintomatología alérgica mostraron sensibilidad a extractos de polen de *Rumex* (Carretero *et al.*, 2005), mientras que en Málaga este porcentaje fue del 7% (Torrecillas *et al.*, 1998), cantidad comparable al del número de personas alérgicas al polen de Cupressaceae o al de *Quercus*, aunque estos muestran concentraciones mucho más elevadas en la atmósfera, con un 19 y 11% del polen total, respectivamente, frente al 1% del tipo *Rumex* (Recio *et al.*, 1998a).

4.2.2.10. Tipo Urticaceae

Morfología polínica

Tipo *Parietaria*

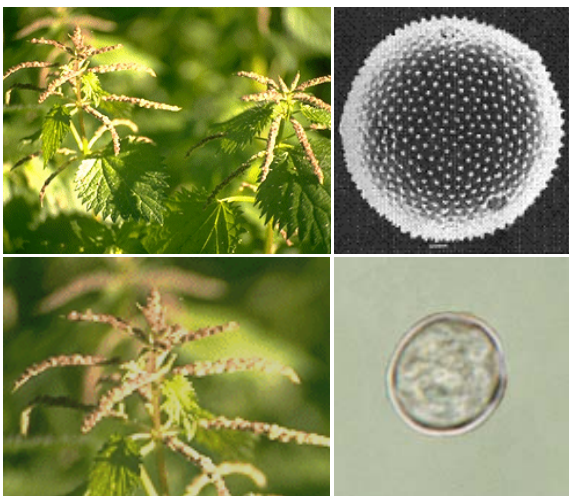


Polen 3-zonoporado, a veces 4 ó 5-zonoporado, isopolar, con simetría radial. Casi circular en vista ecuatorial y circular en vista polar. De suboblado a oblado-esferoidal. Tamaño pequeño. Aberturas simples de tipo poro, circulares de unas 2 μm de diámetro, con anillo muy difuso a veces y opérculo que se desprende fácilmente. Exina de menos de 1 μm de grosor en la mesosporia y algo más gruesa en las proximidades a los poros. Sexina aproximadamente el doble de gruesa que la

nexina. Téctum completo; infratéctum columelado, con columelas muy pequeñas y densas, apenas apreciables con el microscopio óptico. Superficie equinulada, con espínulas de muy pequeño tamaño uniforme y densamente distribuidas por toda la superficie.

Especies más frecuentes: *Parietaria judaica* L., *P. lusitanica* L., *P. mauritanica* Durieu, *Urtica dioica* L., *U. urens* L.

Tipo *Urtica membranacea*



Polen 6-8-pantoporado, apolar, con simetría radial, circular en corte óptico. Tamaño pequeño. Aberturas simples de tipo poro, circulares de 1,5-2 μm de diámetro, con anillo a veces muy difuso y con opérculo que se desprende con facilidad. Membrana apertural equinulada. Exina de 0,5-1 μm de grosor en la mesosporia, con una relación sexina/nexina de 2, aproximadamente. Téctum completo; infratéctum columelado. Superficie con gran cantidad de espínulas uniforme y densamente distribuidas por toda la superficie.

Fotografía superior derecha tomada de Valdés *et al.* (1987).

Especies más frecuentes: *U. membranacea* Poir.

Variación estacional

El polen de Urticaceae representó, en conjunto, el 15,2% del índice total anual del periodo estudiado, siendo el tercero en abundancia después del de *Pinus* y *Olea*. Como se puede apreciar en la gráfica, el índice polínico anual de *U. membranacea* fue muy inferior a la del tipo *Parietaria*, representando un 6,8% del polen total de Urticaceae registrado durante todo el periodo de muestreo. El año 2000 fue el que presentó el menor número de granos de polen de *U. membranacea*, constituyendo sólo un 2,6% en relación al polen de tipo *Parietaria* para ese mismo año. Los demás años oscilaron entre un 7,7% en el 2003 y un 9,3% en el año 2001. Las mayores concentraciones se alcanzaron en el año 2001 en ambos tipos, con un 28,6% del polen total contabilizado en los cuatro años de estudio. Para el tipo *Parietaria*, en el año 2003 fue cuando se obtuvieron los menores niveles polínicos, con un 21,8% del total detectado (Fig.4.70).

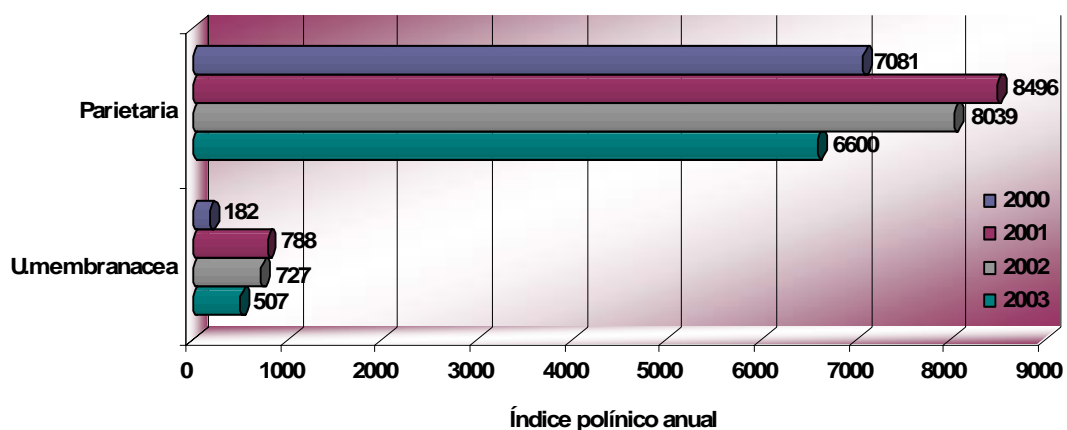


Fig.4.70. Índice polínico anual del tipo polínico Urticaceae para los años estudiados.

En lo que a las distribuciones mensuales se refiere, el mes con las mayores cantidades de polen de tipo *Parietaria* fue mayo en todos los años excepto en el año 2002 que fue abril. En relación con el polen de *U. membranacea*, el mes con los máximos valores se adelantó con respecto al otro tipo polínico perteneciente a las urticáceas, siendo marzo si excluimos el año 2000, en el que las mayores concentraciones se registraron en abril. En cualquier caso, los dos meses más abundantes de cada tipo representaron un 53% (tipo *Parietaria*) y un 70% (tipo *U. membranacea*) del índice anual de cada uno de los mismos.

Mientras que se detectaron granos de polen del tipo *Parietaria* durante todo el año, siendo agosto y septiembre los que registraron menores índices mensuales con 39 granos/m³ de media, en el caso del polen de *U. membranacea*, las concentraciones desde los meses de julio a noviembre, ambos inclusive, fueron prácticamente nulas (Fig.4.71).

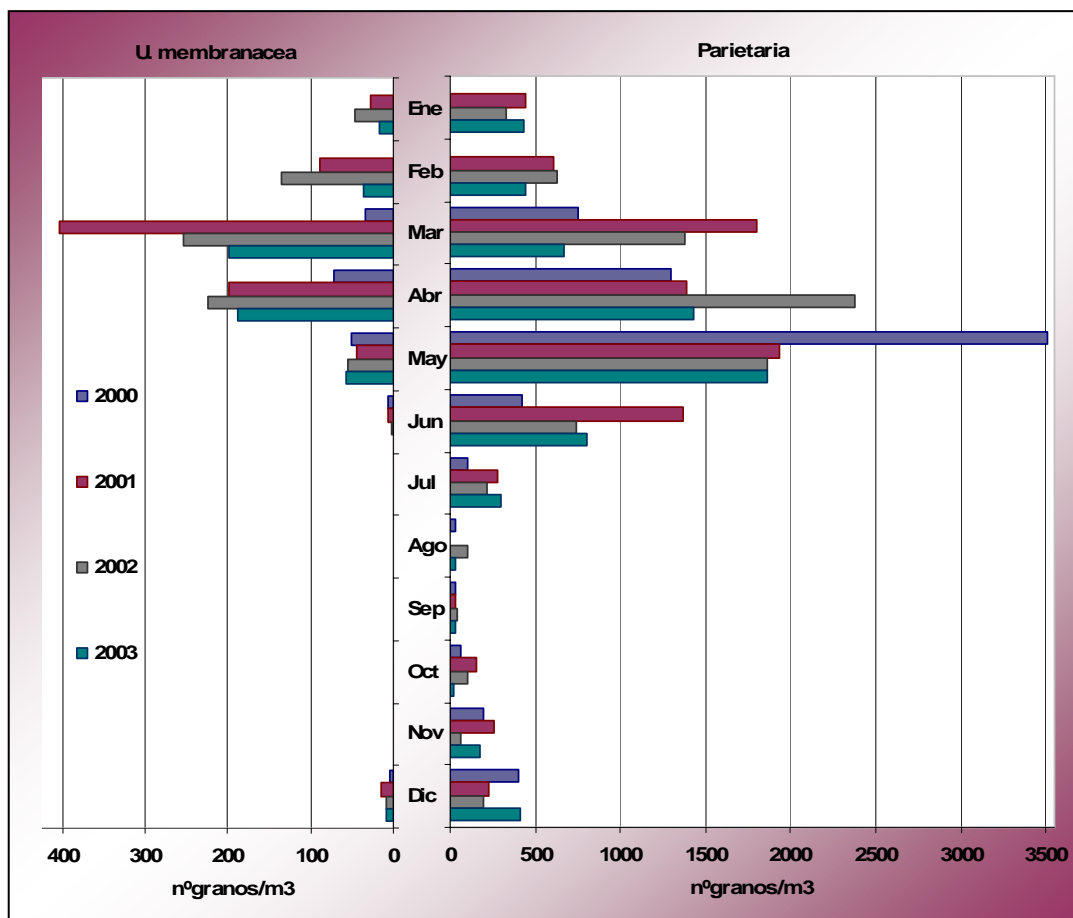


Fig.4.71. Índice polínico mensual del tipo Urticaceae durante los años 2000-2003.

Si tenemos en cuenta las distribuciones de las concentraciones medias diarias, observamos un comportamiento similar ya que mientras que el polen de tipo *Parietaria* apareció durante todo el año prácticamente, aunque con valores mínimos durante parte del periodo estival y principios del otoño (Fig.4.72), el polen de *U. membranacea* fue detectado en la atmósfera durante un tiempo más breve, correspondiente al invierno y primavera (Fig.4.73). Mientras que el 33% del total de días con polen superó los 20 granos/m³ en el caso de *Parietaria*, para *U. membranacea* esa cantidad se redujo a 3 granos/m³, contabilizando sólo 16 días durante todo el periodo de muestreo en los que se superó la concentración de 20 granos/m³.

En el caso del polen de *Parietaria*, el año 2002 fue el que registró mayores niveles, con concentraciones máximas diarias que superaron los 350 granos/m³. Sin embargo, si nos fijamos en el polen de *U. membranacea*, los mayores valores medios diarios aparecieron en los años 2001 y 2002, aunque el pico máximo se obtuvo en el 2003, con un valor algo inferior a los 35 granos/m³.

A lo largo del año oficial, para ambos tipos, aparecieron dos picos, uno de pequeñas dimensiones a finales de año y otro principal y más largo en el tiempo, en el primer semestre aproximadamente, siendo mayor el de tipo *Parietaria*.

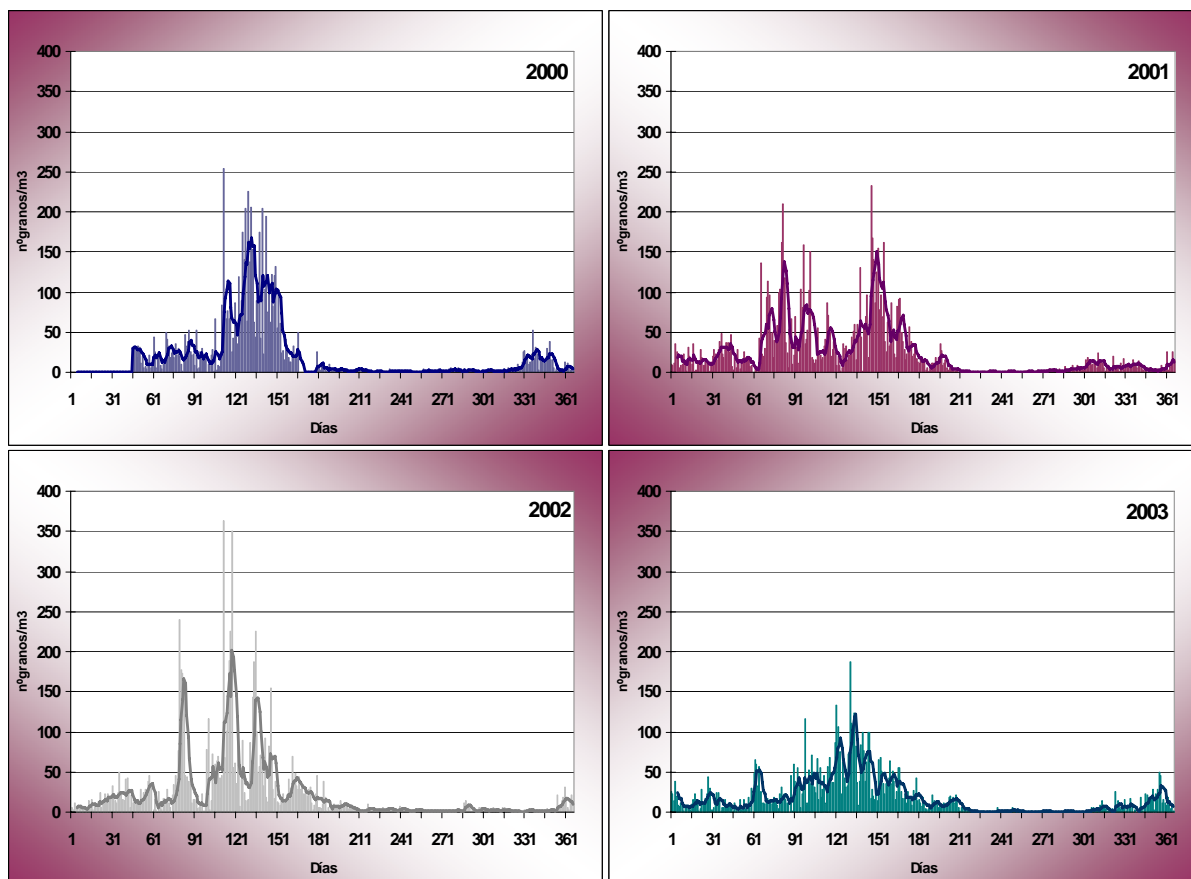


Fig.4.72. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Parietaria* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

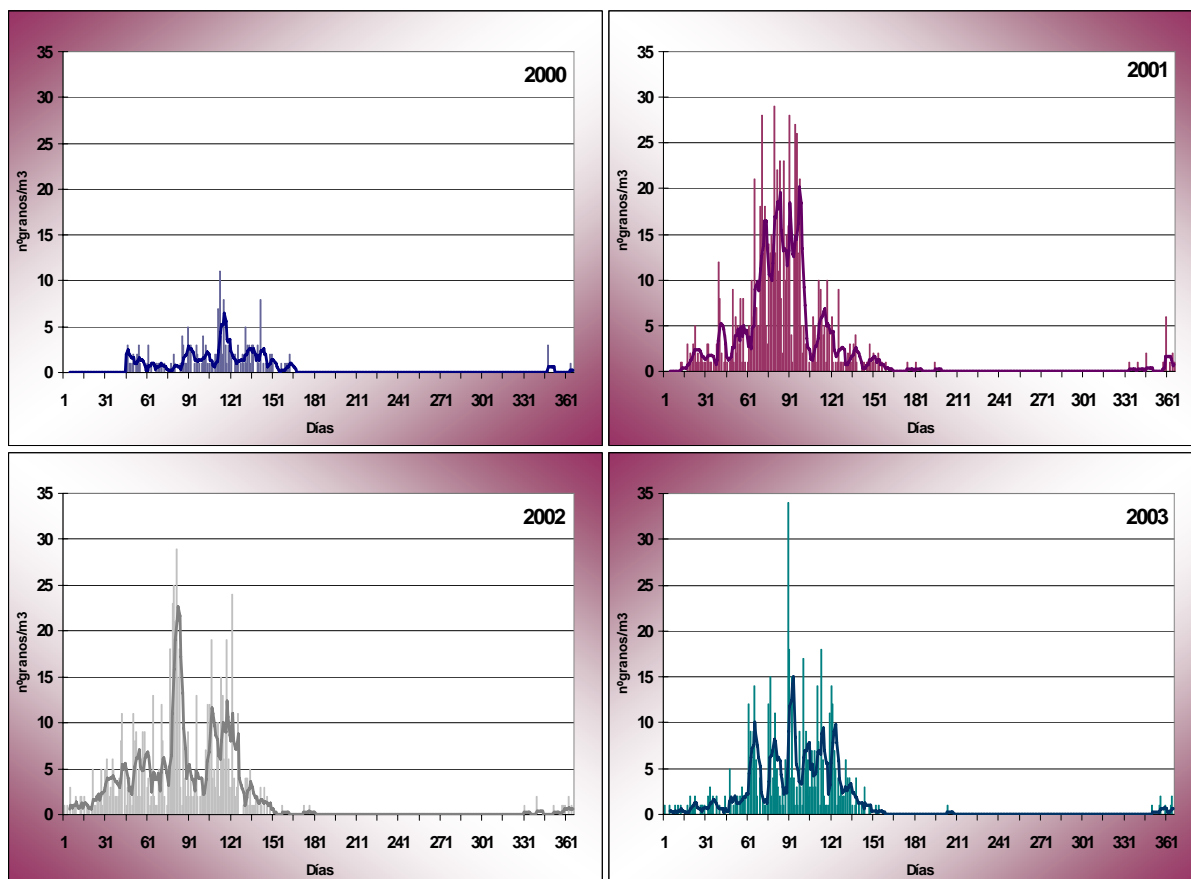


Fig.4.73. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *U. membranacea* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

La duración media del PPP difirió en función de los dos tipos de urticáceas estudiadas ya que mientras que en el tipo *Parietaria* fue de 246 días, con una diferencia máxima entre un periodo y otro de 30 días, en el caso de *U. membranacea* fue de la mitad. Además, esas diferencias también se observaron en la fecha de inicio y en la fecha de finalización del PPP, ya que las del tipo *Parietaria* se localizaron en los meses de noviembre y julio, respectivamente, mientras que el PPP del dio comienzo 2 meses más tarde y finalizó 2 meses antes aproximadamente. Finalmente, aunque el día pico del tipo *Parietaria* fue mucho más variable en el tiempo, las concentraciones de polen registradas fueron unas 8 veces superiores a las del tipo *U. membranacea* (Tabla 4.67).

Parietaria				U. membranacea		
2000-2001	2001-2002	2002-2003		2000-2001	2001-2002	2002-2003
86	63	64	Dato inicio	145	124	131
25-nov	02-nov	03-nov	Fecha inicio	23-ene	02-ene	09-ene
312	314	321	Dato fin	260	258	260
09-jul	11-jul	18-jul	Fecha fin	18-may	16-may	18-may
228	252	258	Duración	116	135	130
22-mar	21-abr	10-may	Día pico	20-mar	22-mar	30-mar
210	363	187	Valor max	29	29	34

Tabla 4.67. Principales parámetros del Periodo Principal de Polinación de los tipos *Parietaria* y *U. membranacea* para cada uno de los años de estudio.

En el caso de las medias semanales, el primer pico en aparición comentado anteriormente no se apreció como un único pico, ya que la distribución estacional de las concentraciones diarias se caracterizó por la sucesión de ascensos y descensos pronunciados no coincidentes de unos años a otros, lo que llevó a la aparición en las medias semanales de varios picos consecutivos. De este modo, las máximas concentraciones se registraron desde mediados de marzo hasta mediados de junio aproximadamente. Para *U. membranacea* sucede algo similar observándose dos picos más suavizados y de más escasa duración que van desde principios de marzo a principios de mayo (Fig.4.74).

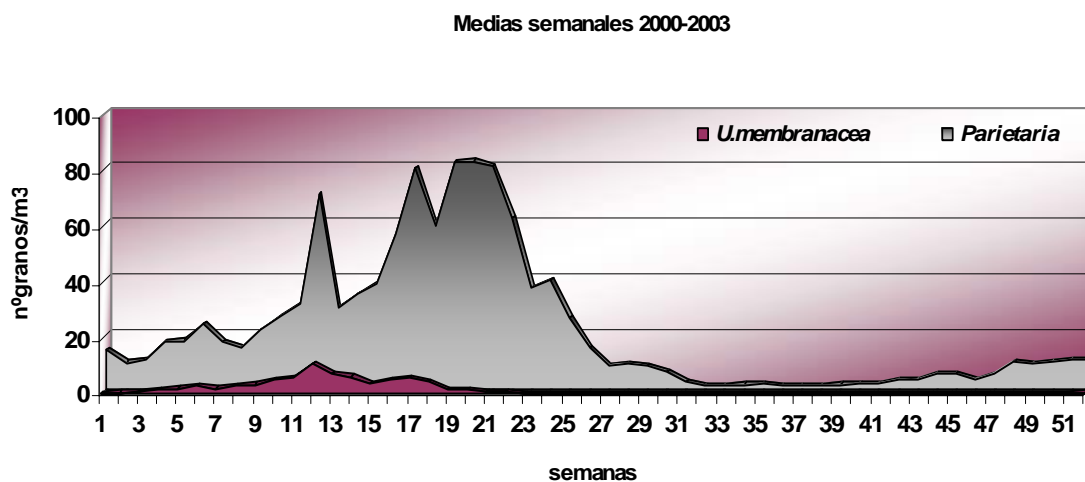


Fig.4.74. Distribución de la media (2000-2003) de las concentraciones medias semanales del tipo Urticaceae.

Variación intradiaria

En los cuatro años de estudio se encontró un comportamiento casi idéntico, con un IDI bastante elevado que presentó un valor medio de 0,36 y un incremento de las concentraciones polínicas desde las 08.00 horas hasta las 18.00 horas aproximadamente, con el pico máximo, coincidente en todos los casos, registrado entre las 10.00 y las 12.00 horas y con su porcentaje más elevado en el año 2001, con más del 38 % de la concentración diaria (Fig.4.75).

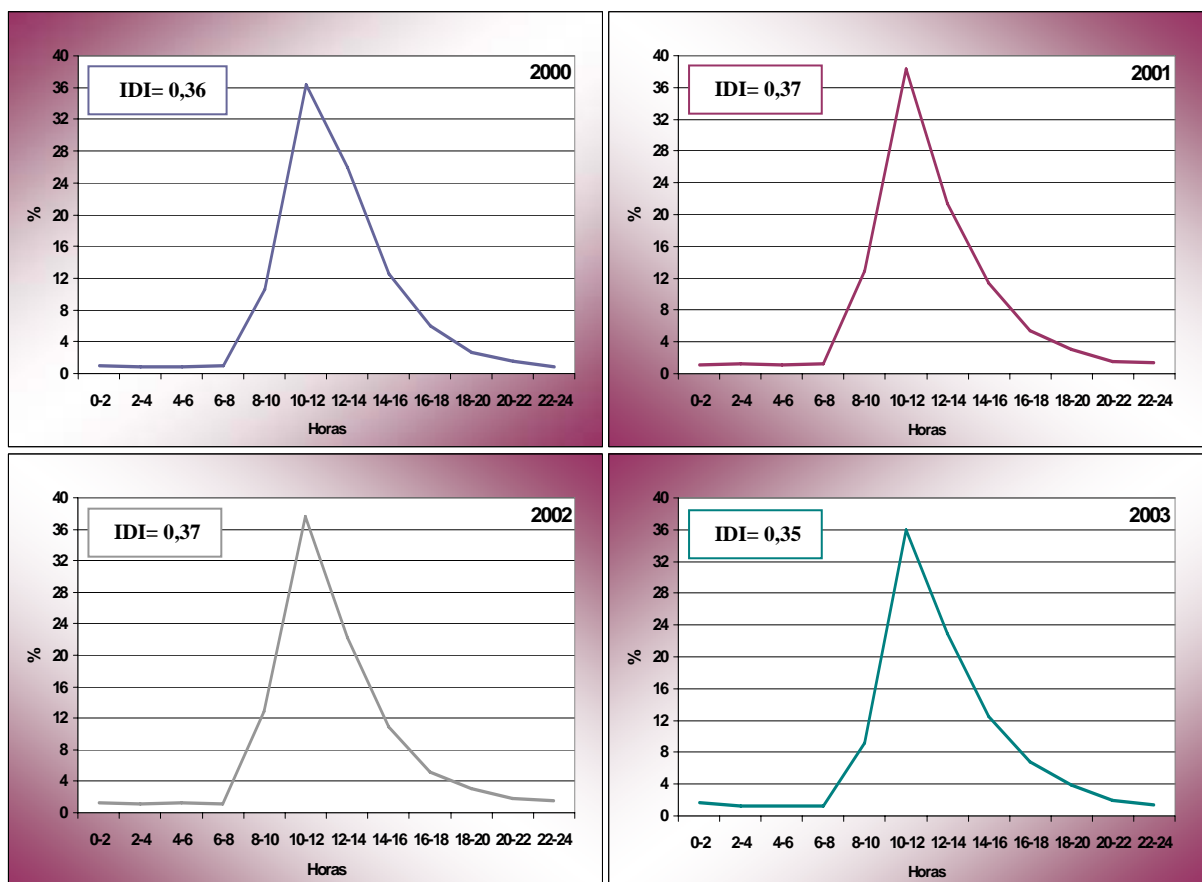


Fig.4.75. Variaciones de la distribución intradiaria del polen de Urticaceae a lo largo de los años de estudio.

Análisis estadísticos

-Análisis de correlación

Los análisis de correlación realizados entre las concentraciones polínicas y las temperaturas y precipitaciones resultaron significativos en todos los casos, siguiendo un patrón similar en todos los años donde los valores más elevados y positivos se produjeron con la temperatura máxima, seguida de

la temperatura media. Las precipitaciones también mostraron asociaciones, aunque en este caso negativas, con los índices de polen (Tabla 4.68).

Correlación de Spearman				
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2000-2003
Tª media	0,526***	0,415***	0,351***	0,414***
Tª mínima	0,381**	0,218**	0,261***	0,265***
Tª máxima	0,591***	0,527***	0,411***	0,498***
Precipitaciones	-0,424***	-0,305***	-0,352***	-0,344***

Tabla 4.68. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas del tipo Urticaceae y los diferentes parámetros meteorológicos. **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Mientras que en los periodos prepico se obtuvieron correlaciones significativas en su gran mayoría y positivas, no sucedió lo mismo con el postpico en el que aparecen un mayor número de asociaciones no significativas en los periodos 2000-2001 y 2001-2002. En el caso de las correlaciones con las concentraciones del periodo postpico, éstas fueron negativas.

Las correlaciones con las precipitaciones resultaron negativas tanto en el prepico como en el postpico, aunque en este último no fueron significativas (Tabla 4.69).

	2000-2001		2001-2002		2002-2003		2000-2003	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
Tª media	0,666**	-0,290	0,454***	-0,374**	0,324***	-0,397**	0,497***	-0,347***
Tª mínima	0,451***	-0,466**	0,101	-0,482***	0,165*	-0,403***	0,250***	-0,444***
Tª máxima	0,748***	-0,119	0,644***	-0,222	0,460***	-0,371**	0,628***	-0,232**
Precipitaciones	-0,453***	-0,075	-0,312***	-0,205	-0,348***	-0,041	-0,354***	-0,127

Tabla 4.69. Análisis de correlación de Spearman entre los periodos prepico y postpico del tipo polínico Urticaceae y los diversos parámetros meteorológicos. *0,01<p≤0,05, **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Aunque no siempre, por término general y en los aislados casos cuya correlación resultó significativa, se observó cierta tendencia a mostrar valores de correlación positivos con los vientos procedentes del sector correspondiente al primer y segundo cuadrante y negativos con el sector del tercer y cuarto cuadrante, al contrario que en los demás tipos polínicos analizados (Tabla 4.70).

Correlación de Spearman					
Viento	Hora	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2000-2003
1 ^{er} y 2 ^o cuadrante	00	0,261*	-0,057	-0,062	0,083
	07	-	0,220	0,136	0,148
	13	0,055	-0,037	0,160	0,105
	18	0,268	-0,114	0,067	0,171
3 ^{er} y 4 ^o cuadrante	00	-0,054	0,012	0,175	0,044
	07	-	0,096	-0,575*	-0,099
	13	-0,278*	0,212	-0,114	-0,010
	18	0,057	-0,090	-0,050	0,026

Tabla 4.70. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones polínicas y la dirección del viento. * $0,01 < p \leq 0,05$.

-Análisis de regresión

Todos los modelos obtenidos tanto como para cada uno de los periodos como para el conjunto de ellos resultaron significativos, aunque el valor de R^2 osciló de unos años a otros mostrando su valor máximo en el periodo 2000-2001, explicando cerca del 21% de varianza de la variable dependiente (Tabla 4.71). Al tomar el conjunto de los años muestreados, observamos que el valor de R^2 es menor que el anteriormente citado, independientemente de la variable que consideremos.

Sin embargo, si este análisis se realiza con los periodos prepico y postpico por separado, contemplamos, en general, un incremento en sus R^2 :

$$\text{Prepico: } y = 8,573 T_{\max} - 132,316 \quad R^2 = 0,317$$

$$\text{Postpico: } y = - 6,785 T_{\min} + 163,179 \quad R^2 = 0,182$$

Ecuaciones de regresión			
	Temperatura	R^2	F
2000-2001	$y = 4,428 T_{\max} - 54,924$	0,208	58,380***
2001-2002	$y = 4,360 T_{\max} - 54,124$	0,109	29,996***
2002-2003	$y = 1,733 T_{\max} - 10,819$	0,077	20,991***
2000-2003	$y = 3,282 T_{\max} - 35,594$	0,113	92,055***

Tabla 4.71. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Urticaceae en los diferentes periodos en función de los parámetros meteorológicos con mayor grado de asociación. *** $p \leq 0,001$.

Como se observa en los autocorrelogramas realizados (Fig.4.76), la concentración del día anterior fue la que mostró un mayor grado de asociación con las concentraciones medias diarias, resultando estadísticamente significativa en todos los años, tanto en las autocorrelaciones simples como en las parciales con un coeficiente de 0,651 como media.

Los modelos obtenidos al introducir la variable concentración del día precedente mostraron una mejoría considerable en relación con los resultantes de la inclusión de la temperatura, con un coeficiente de regresión que como mínimo fue el doble y que en el caso de considerar los datos del periodo completo alcanzó un valor de R^2 3 veces superior (Tabla 4.72). Al dividir el PPP únicamente con el periodo postpico se observó un mínimo incremento, de 0,007, en el valor del coeficiente de regresión.

Las ecuaciones realizadas con la D-media mostraron un comportamiento más irregular, logrando incrementos en el porcentaje explicado en relación con la concentración del día anterior en unos periodos y descensos en otros. Cuando se toman todos los datos del periodo 2000-2003 se apreció un ligero aumento en el valor de la R^2 . En este caso no se consiguió ninguna mejora al separar el prepico del postpico, aunque al igual que con la variable anteriormente mencionada con el periodo postpico se obtuvo un coeficiente de regresión mucho mayor (0,465).

Ecuaciones de regresión								
	D-media	R^2	F	ρ Spearman	Concentración del día anterior	R^2	F	ρ Spearman
2000-2001	$y = 0,857 D + 9,359$	0,373	131,955***	0,709***	$y = 0,654 C_{t-1} + 13,655$	0,427	164,745***	0,681***
2001-2002	$y = 1,402 D - 10,772$	0,631	418,427***	0,750***	$y = 0,628 C_{t-1} + 12,963$	0,394	158,716***	0,702***
2002-2003	$y = 0,655 D + 4,853$	0,433	192,785***	0,780***	$y = 0,674 C_{t-1} + 8,435$	0,455	209,751***	0,739***
2000-2003	$y = 0,979 D + 0,654$	0,466	632,052***	0,747***	$y = 0,650 C_{t-1} + 11,556$	0,423	529,106***	0,719***

Tabla 4.72. Cálculo de las ecuaciones de regresión de las concentraciones polínicas de Urticaceae en los diferentes periodos en función de la D-media y de la concentración precedente. * $0,01 < p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$.

El modelo significativo de **regresión múltiple** que se obtuvo para explicar la máxima varianza de la concentración de polen fue el que se muestra en la tabla 4.73, que incluye las variables independientes de D-media, concentración del día anterior, temperatura máxima y temperatura media. Estas cuatro variables independientes lograron explicar más del 62 % de la varianza de la variable dependiente.

Al dividir el periodo principal de polinación, se contempló un pequeño ascenso en el valor de R^2 en el periodo postpico ($y = 0,589 D + 0,366 C_{t-1} + 4,592 T_{max} - 4,585 T_{min} - 38,922$; $R^2 = 0,636$).

Ecuación de regresión múltiple por pasos del periodo 2000-2003

	R ²	R ² corregido	F
$y = 0,634 D + 0,381 C_{t-1} + 7,466 T_{max} - 7,363 T_{med} - 33,296$	0,624	0,622	298,640***

Tabla 4.73. Modelo obtenido tras el análisis de regresión múltiple por pasos de las concentraciones polínicas de Urticaceae en el total del periodo de muestreo en función de las diversas variables independientes estudiadas (meteorológicas y temporales). ***p≤0,001.

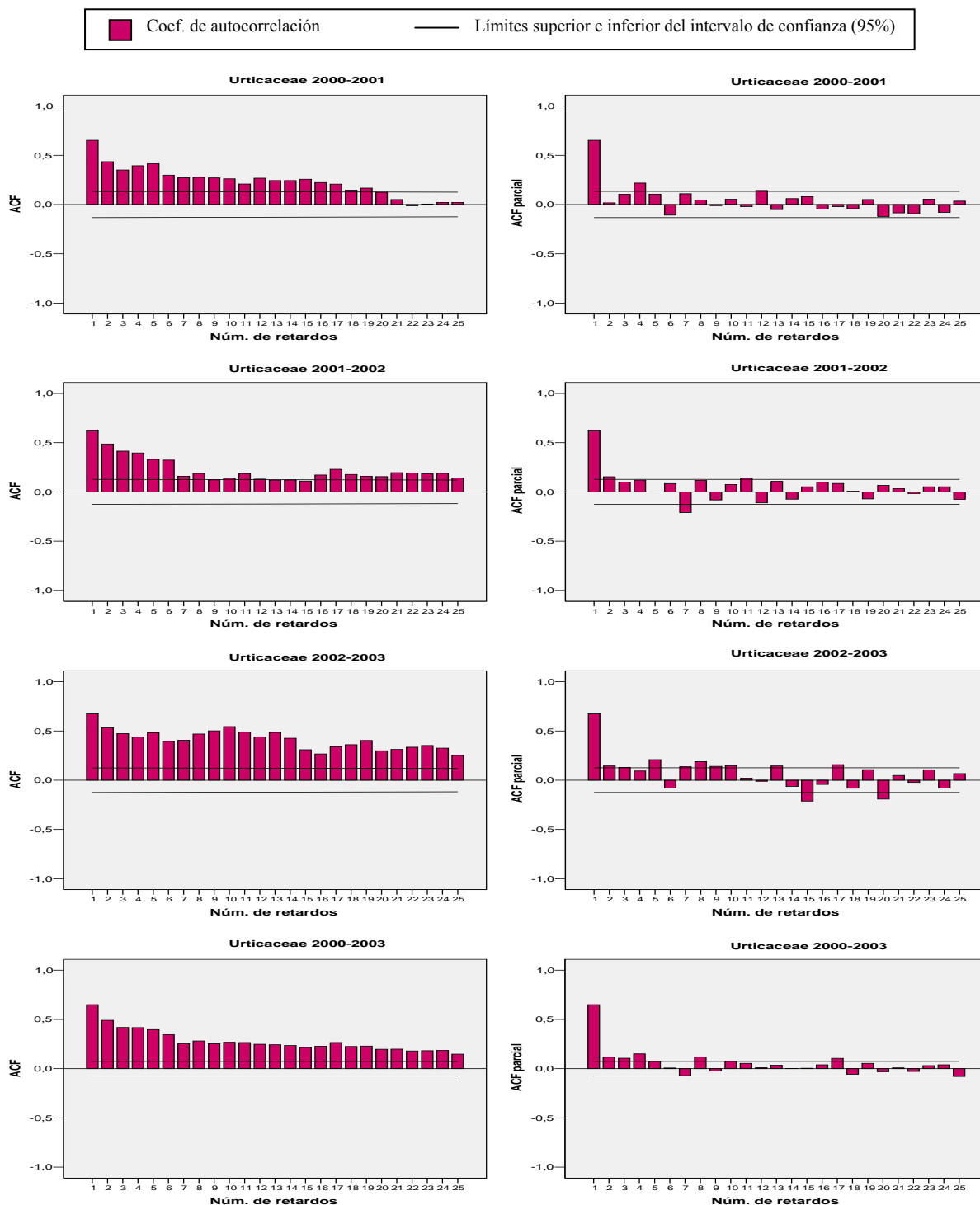


Fig.4.76. Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de las series de concentraciones de polen de Urticaceae a lo largo del periodo de estudio.

Comentarios y discusión

En este tipo se incluyen las especies de los géneros *Parietaria* y *Urtica*, aunque la especie *U. membranacea* Poir. in Lam. debido a las diferencias morfológicas que presenta el grano de polen ha sido tratada de un modo independiente en parte de los análisis. Son hierbas anuales o perennes de polinización anemófila y que se encuentran principalmente en suelos nitrificados húmedos como bordes de caminos, muros, cultivos y terrenos baldíos.

Las concentraciones detectadas en Nerja fueron muy superiores a las registradas en otras localidades de la provincia como Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), Antequera (Recio *et al.*, 2000) y Estepona (Toro *et al.*, 1997), además de otras regiones españolas, siendo una característica importante su continua presencia a lo largo de todo el año. Por lo tanto, se trata de una de las estaciones de la REA en las que se cuantificaron los índices anuales más elevados, siendo superados por los de Menorca (Belmonte & Roure, 1991), Cádiz y Motril donde los niveles alcanzados en el año 2003 superaron los 20.000 granos de polen. En la mayor parte de las provincias andaluzas, marzo es el mes en el que se registran las mayores concentraciones polínicas, mientras que en Nerja las mayores cantidades aparecieron en abril y mayo. Cabe destacar que el pico de marzo anteriormente mencionado, coincide con el máximo del tipo *U. membranacea* en Nerja, por lo que la diversidad y abundancia relativa de especies de esta familia podrían ser las responsables de estas diferencias. En ciudades del norte, como León, Ponferrada y Oviedo las mayores sumas mensuales se alcanzan en junio e incluso en agosto (*confer* Rea 7-8).

En Nerja existieron grandes diferencias entre los dos tipos de polen de urticáceas analizados. Mientras que el polen de *U. membranaceae* representó tan solo el 6,6% del polen de Urticaceae, con un PPP la mitad de largo, de comienzo posterior y finalización anterior y un pico 8 veces menor, en otras localidades como Estepona (Toro *et al.*, 1997) y Sevilla (Candau *et al.*, 2002b; 2004b) los niveles encontrados de *U. membranacea* fueron superiores a los de *Urtica/Parietaria*. Estas divergencias en cuanto a comportamiento, así como en relación con su capacidad alérgica ya han sido descritas por Muñoz *et al.* (2006) en Mérida, poniendo de manifiesto la conveniencia de un trato diferencial de los dos tipos.

La distribución intradiaria presentó un único pico muy marcado, con el máximo entre las 10 y las 12h en el que se superó el 38% del contenido polínico del total del día. En Córdoba se describe un comportamiento similar (Galán *et al.*, 1991), mientras que en Málaga, el IDI fue menor y con el pico situado a las 14 h (Trigo *et al.*, 1996a).

El PPP en este caso fue muy largo de modo que fue posible incluir un elevado número de datos en los análisis estadísticos. Así mismo, dicho periodo PPP que solió abarcar desde el mes de noviembre hasta junio englobó el periodo principal de lluvias con lo que el número de datos, en el caso de las precipitaciones, también se incrementó considerablemente en relación a otros tipos

estudiados. En este caso, al igual que en Málaga capital las correlaciones con los parámetros meteorológicos más elevadas se alcanzaron con la temperatura máxima (Trigo *et al.*, 1996a).

Sin embargo, al dividir el PPP en prepico y postpico se observó que durante el postpico el número de datos incluidos fue bastante menor que los del prepico debido a la tardía aparición del valor máximo de concentración de polen. Además, los periodos 2000-2001 y 2001-2002 mostraron una distribución más irregular con varios ascensos y descensos de polen, tanto en el prepico como en el postpico que pudieron interferir en el análisis de correlación. En todos los periodos postpico, incluido el del periodo que considera el conjunto de años muestreados, presentan correlaciones no significativas con la lluvia. Como se ha comentado previamente, el prepico se caracterizó por su longitud, de modo que el postpico dio comienzo a finales de marzo, en abril e incluso mayo, época en la que la escasez de precipitaciones es algo usual, teniendo muy pocos datos con los cuales establecer un análisis de correlación.

El polen de las urticáceas muestra un pico en la distribución intradiaria bastante acusado, presentando su máximo a las 11h de modo que a excepción de las 13h, las demás horas de toma de muestra de dirección del viento registraron niveles polínicos muy bajos con una elevada cantidad de ceros. Eso, unido al pobre número de datos de viento, hizo muy difícil, al igual que en los restantes tipos polínicos estudiados, el establecimiento de correlaciones significativas. A pesar de ello, parece que existe una tendencia al incremento de las concentraciones cuando el viento procede de la mitad sur. Esto en principio podría resultar un poco contradictorio ya que el origen del viento sería del mar. Sin embargo, la existencia de jardines y una pequeña ladera con orientación sur en las inmediaciones del captador donde se desarrollan hierbas podría explicar este resultado.

Como se ha comentado previamente, la capacidad alergénica del polen de los dos géneros más representativos de las urticáceas es muy distinto ya que la alergenicidad de *Urtica*, y especialmente *U. membranacea* descrito como no alergógeno (Muñoz *et al.*, 2006), es muy inferior a la mostrada por el polen de *Parietaria*, considerado como el polen más alergénico en zonas del Mediterráneo como el sur de Italia y Francia y parte de la costa española (D'Amato & Spieksma, 1990; Belmonte & Roure, 1991). Aunque su potencial alergógeno fue descrito en 1927, no fue hasta la década de los 80 cuando se considera como importante causante de polinosis en la costa mediterránea (Baltasar & Martí, 2002). A pesar de pertenecer a la misma familia no presentan reactividad cruzada, aunque *Parietaria* sí la presenta con *Morus* y entre especies del mismo género (D'Amato *et al.*, 1992). Por esa razón, a pesar de las cantidades mucho más elevadas de polen de *Urtica* que de otros pólenes como por ejemplo *Plantago* y *Artemisia*, estas últimas presentan una relevancia clínica mucho mayor (Frank *et al.*, 1991).

En el sur de Italia, la prevalencia de sensibilización entre los pacientes con polinosis oscila entre el 40 y el 80%, siendo de más del 82% en Nápoles (D'Amato Lobefalo, 1989), mientras que en Roma, Grilli *et al.* (2002) cifró en más del 30%, las personas con alergia al polen de *Parietaria*. En Montpellier (Francia) el 27% de los pacientes con polinosis presentaron reactividad (Bousquet *et al.*,

1984). En el levante español ese porcentaje es del 25-50% (Subiza *et al.*, 1998), como en Toledo donde se alcanzó el 50% de prick test positivos (Moral *et al.*, 1998). En Barcelona, al igual que en Málaga fue la tercera causa de polinosis, con un porcentaje de pruebas cutáneas positivas del 28 y 30%, respectivamente, destacando que un tercio de los pacientes con sensibilidad al polen de *Parietaria* en Málaga resultaron monosensibles (Torrecillas *et al.*, 1998). Sin embargo, en Córdoba sólo se encontró un 2,5% de los pacientes con polinosis sensibles a este polen (Dominguez-Vilches *et al.*, 1993).

La larga persistencia de este tipo polínico en la atmósfera hace que los pacientes presenten sintomatología durante un largo periodo de tiempo, siendo incluso permanente en algunas zonas (D'Amato *et al.*, 1992).

4.2.3. Otros tipos polínicos

A continuación se muestran los resultados más destacados de los restantes tipos polínicos detectados en la atmósfera de Nerja que suman un total de 26 tipos que, en conjunto, representaron el 6,3% del total anual como media del periodo estudiado.

4.2.3.1. Tipo *Alnus*

Morfología polínica



Fotografía superior derecha tomada de Valdés *et al.* (1987).

Polen 4-6-zonocolporado (zonoporados para otros autores), subisopolar, con simetría radial. Elíptico en vista ecuatorial y de tetragonal a hexagonal en vista polar, angulaperturado. Oblado. Tamaño de pequeño a mediano. Ectoaberturas de tipo poro o colpo de 4 x 2 μm aproximadamente, aspidadas, bordeadas por unas protuberancias y casi coincidentes con las endoaberturas. Exina de alrededor de 1 μm en la mesocolpia. Téctum completo; infratéctum sin columelas aparentes. Superficie rugulada situándose sobre las rúgulas pequeños elementos suprategales de tipo espínula o gránulo.

Especies más frecuentes: *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner.

Variación estacional

Se trata de un tipo polínico típicamente invernal y con una escasa presencia en el área de este estudio cuyo índice polínico anual osciló entre un valor de 11 (2000) y de 46 (2003), pudiéndose observar a lo largo de los años de muestreo un incremento gradual de dicho índice, aunque dada las cantidades tan bajas de polen de este tipo halladas en la atmósfera de Nerja (0,06% del polen total anual como media), ese aumento no puede ser considerado como demasiado significativo debido a la pequeña escala a la que sucede ya que entre los años completos de muestreo la máxima diferencia ha sido de 12 granos de polen (Fig.4.77).

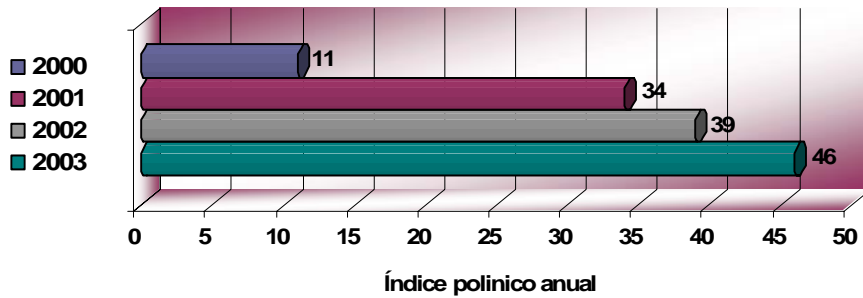


Fig.4.77. Índice polínico anual del tipo polínico *Alnus* para los años estudiados.

Por otra parte, Los tres primeros meses del año son los que concentraron la mayor parte del total de polen de *Alnus* registrado en la atmósfera de Nerja, siendo en enero en los años 2001 y 2003 y en febrero en el año 2002 cuando se registraron los valores más elevados (Fig.4.78). Entre ambos meses comprendieron el 84% como media, de la concentración total anual de dicho tipo polínico. En los restantes meses sólo se detectaron cantidades mínimas y de modo esporádico.

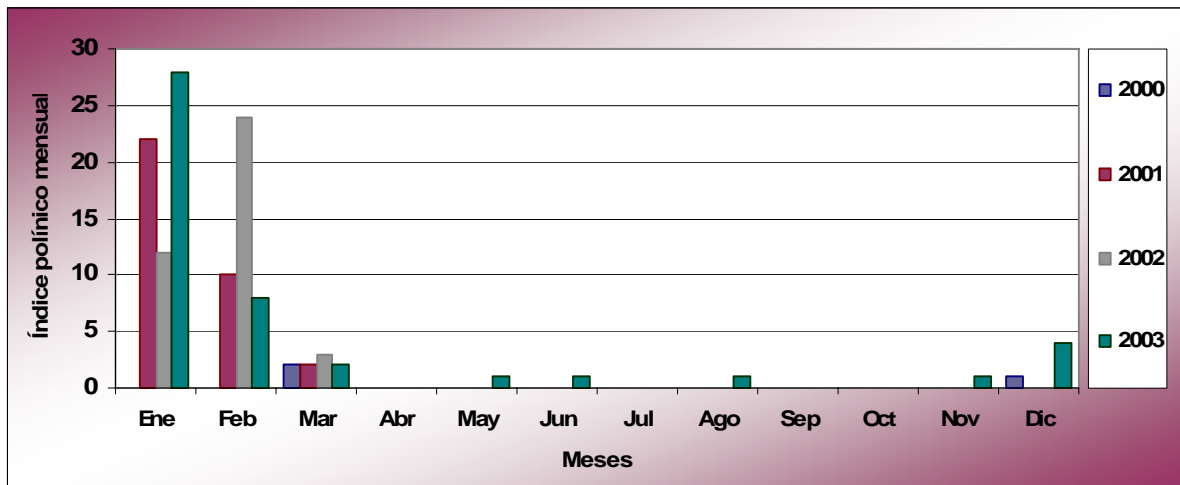


Fig.4.78. Índice polínico mensual del tipo *Alnus* durante los años 2000-2003.

La distribución de la concentración media diaria mostró los niveles más elevados a principios de año y más concretamente en los meses de enero y febrero, registrándose el día 15 de febrero de 2002 la concentración máxima diaria de todo el periodo estudiado con 8 granos/m³ de aire. Cabe mencionar que en el primer y último año de muestreo se produjo un pequeño pico a finales de año, indicativo de un adelanto de la polinación de la temporada otoño-invierno (Fig.4.79).

El polen de *Alnus* no tiene una excesiva incidencia en la atmósfera de Nerja, calculándose en 24, como media de los años completos, el número de días al año con presencia de este tipo polínico.

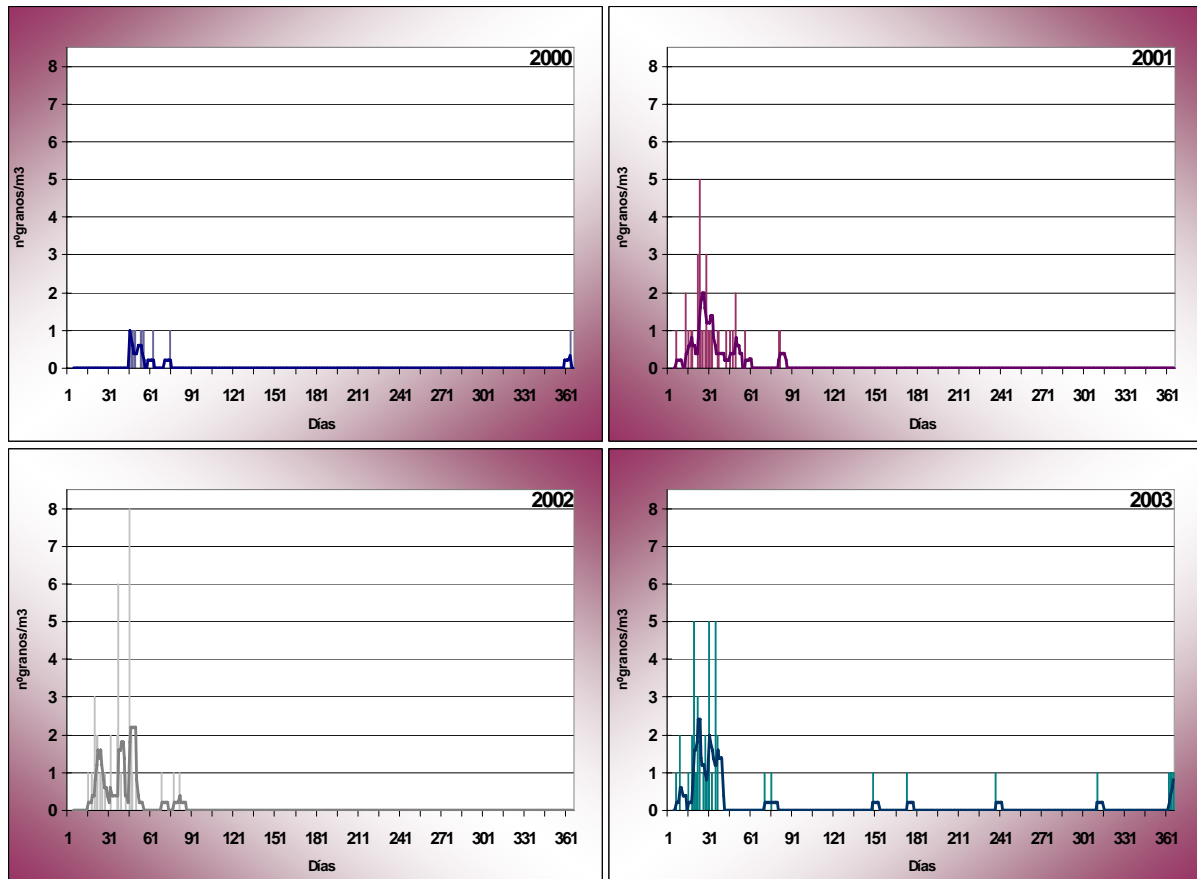


Fig.4.79. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Alnus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

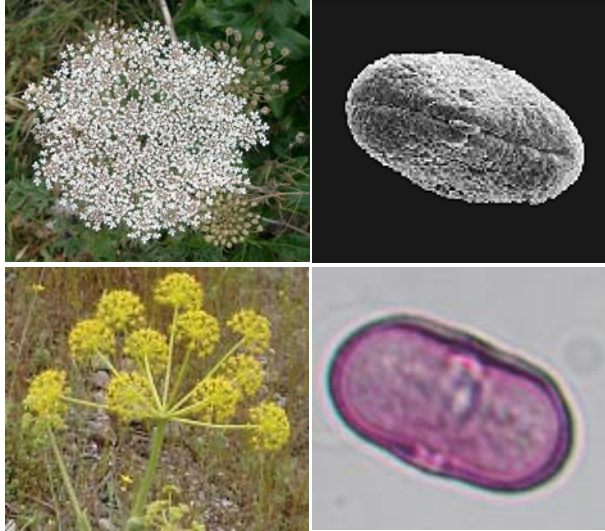
La escasa presencia de este tipo polínico en la atmósfera de Nerja junto con la inexistencia de alisos en las cercanías de la estación de muestreo, nos hace suponer un transporte a larga o media distancia desde zonas interiores.

Las concentraciones detectadas son similares a las de otras localidades costeras cercanas como Málaga (Recio *et al.*, 2002; Recio *et al.*, 2004), Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004) o Cádiz (Candau *et al.*, 2002a; Candau *et al.*, 2004a), si bien en el año 2000 este tipo polínico pudo verse infravalorado debido a que el muestreo comenzó a principios de febrero de ese año.

Aunque el polen de *Alnus* es causa de polinosis en otras localidades del norte de España y sobre todo en el centro y norte de Europa (D'Amato, 1991; Viñas, 2002a), por las cantidades detectadas en Nerja no creemos que pueda tener incidencia alguna en la población.

4.2.3.2. Tipo Apiaceae

Morfología polínica



Polen 3-zonocolporado, isopolar, de simetría radial. De subtriangular a subcircular lobulado en visión polar y de subcircular a elíptico en visión ecuatorial. De suprolado a perrolado y tamaño de pequeño a mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, a menudo constreñidas en la parte central y endoaberturas de tipo poro, de circulares a lalongadas, en posición ecuatorial. Exina de 1,5-3 μm de grosor a veces con ensanchamientos ecuatoriales o polares, dependiendo de las distintas especies. Tectum completo e infratectum columelado. Superficie psilada, perforada, rugulada o escábrida.

Especies más frecuentes: *Chritmum maritimum* L., *Daucus carota* L., *Ferula communis*.L., *Foeniculum vulgare* Miller, *Thapsia villosa* L., *Torilis arvensis* (Hudson) Link, entre otras.

Variación estacional

Este tipo polínico aparece fundamentalmente durante los meses de primavera y verano, representando el 0,13% del polen total como media, aunque podemos encontrar grandes diferencias en el índice polínico anual registrado entre los años de estudio. Así, en los dos últimos años de muestreo se registraron las mayores concentraciones de este tipo polínico, comprendiendo el 70% del total detectado durante todo el periodo de estudio con un índice polínico anual de 105 y 97 en los años 2002 y 2003, respectivamente (Fig.4.80). En el año 2000 fue cuando se obtuvieron los menores índices polínicos, constituyendo sólo un 6% de la suma total.

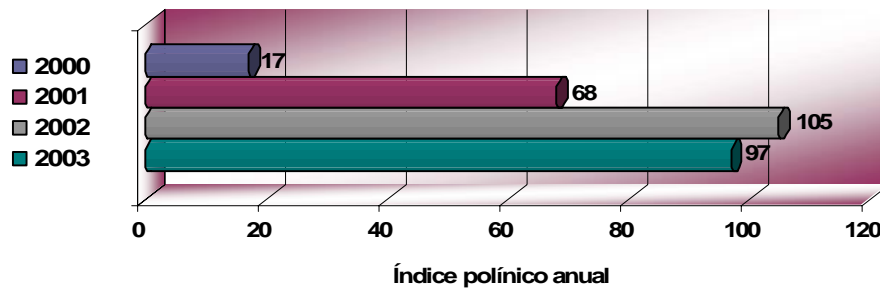


Fig.4.80. Índice polínico anual del tipo polínico Apiaceae para los años estudiados.

Durante los meses primaverales y estivales fue cuando se alcanzaron las mayores sumas mensuales de polen de tipo Apiaceae, siendo junio el primer mes por orden de abundancia en los tres últimos años, constituyendo el 33% como media del total anual. En el año 2000, el mes con el mayor índice polínico fue julio, aunque con un valor de solamente 8, lo que representó un 24% de la media de las máximas mensuales alcanzadas en los restantes años (Fig.4.81).

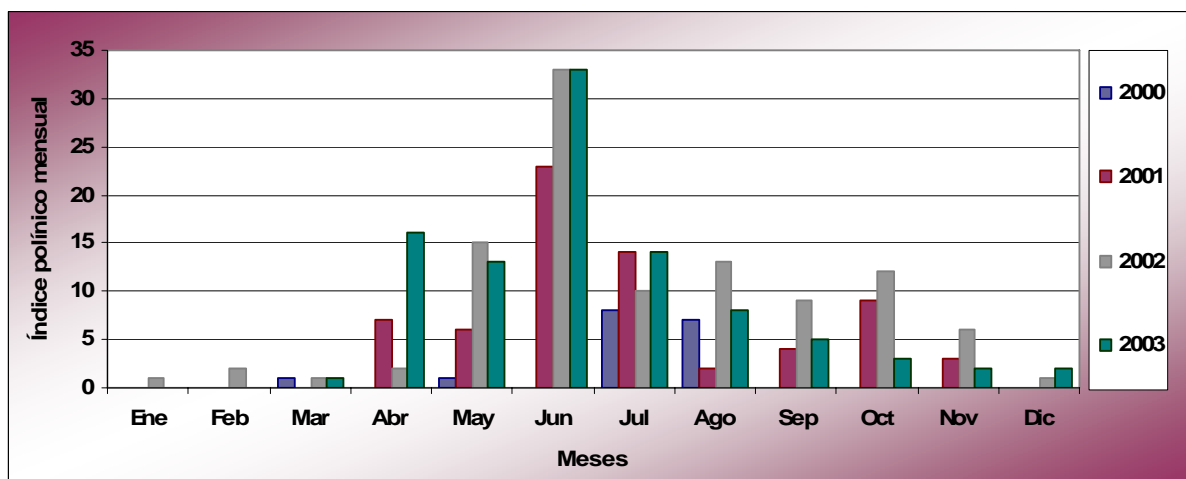


Fig.4.81. Índice polínico mensual del tipo Apiaceae durante los años 2000-2003.

Debido a las bajas concentraciones existentes en la atmósfera de Nerja, no podemos considerar la aparición de un pico máximo ya que la mayor diferencia existente con niveles basales fue de 5 granos/m³ (Fig.4.82). La mayor cantidad de polen se detectó en la estación primaveral, aunque su presencia fue continua hasta finales de año con una presencia de 69 días al año como media en los tres últimos años, aunque en el año 2000 esta cifra quedó reducida a 17.

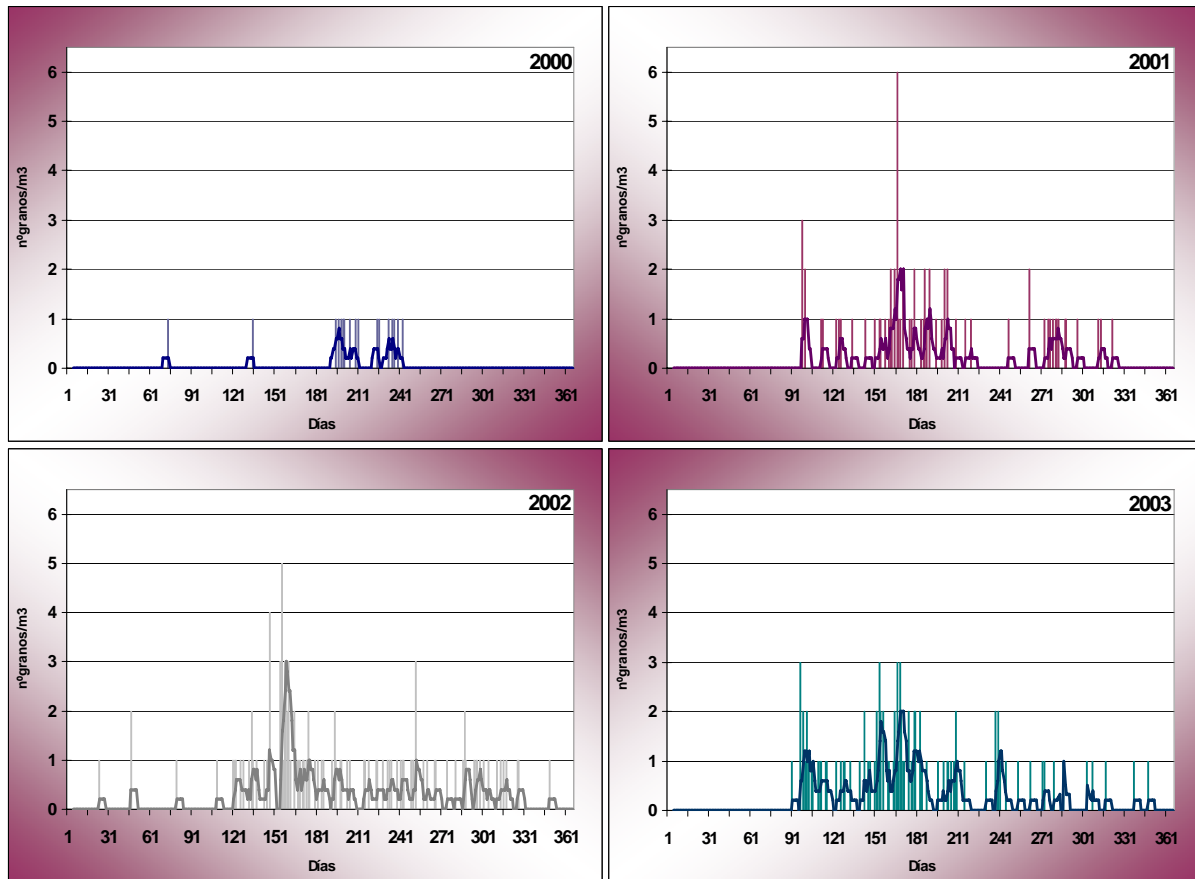


Fig.4.82. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Apiaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

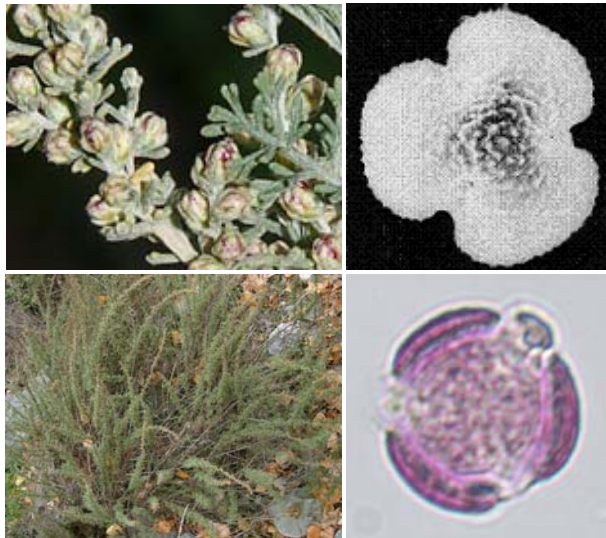
El polen de Apiaceae aparece de manera frecuente en la atmósfera de Nerja pero en pequeñas concentraciones, ya que al presentar esta familia inflorescencias muy expuestas al viento hace que los granos de polen puedan pasar fácilmente a la atmósfera, a pesar de tratarse de especies típicamente entomófilas.

Los periodos en los que se detecta este tipo polínico coinciden con los de localidades próximas como Málaga (Recio *et al.*, 2002c; Recio *et al.*, 2004) y Granada (Alba *et al.*, 2002; Alba *et al.*, 2004) donde al igual que en Nerja, presentaron un índice polínico anual del año 2000, caracterizado por un invierno seco, muy inferior al de los restantes años de estudio. Cantidades de polen similares fueron detectadas en ciudades del norte de España como Oviedo (Fernández casado *et al.*, 2002) y Vigo (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2002b), aunque en este caso los mayores niveles no aparecieron hasta mediados del verano y no se observó esa disminución anteriormente comentada en el año 2000.

La bibliografía relacionada con su alergenicidad es escasa, aunque ha sido descrito como causante de polinosis aisladas por Lewis *et al.* (1983) y se ha hallado reactividad cruzada entre el antígeno Bet v 1 de *Betula* y Api g 1 de *Apium* (Hoffmann-sommergruber *et al.*, 1999).

4.2.3.3. Tipo Artemisia

Morfología polínica



Fotografía superior derecha tomada de Valdés *et al.* (1987).
con elementos ornamentales de menos de 1 μm .

Polen 3-zonocolporado. Isopolar, con simetría radial. De circular-lobulado a subtriangular en vista polar y de circular a ligeramente elíptico en vista ecuatorial. De subprolado a suboblado. Tamaño de pequeño a mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, terminales, estrechas; endoaberturas de tipo poro, lalongadas. Membrana apertural escábrida. Exina de 2-4,5 μm , más engrosada en la mesocolpia y con sexina más gruesa que la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie equinulado-granulada,

Especies más frecuentes: *Artemisia barreliari* Besser, *A. campestris* L., *A. herba-alba*

Asso.

Variación estacional

Se trata de un tipo polínico que registra sus máximas concentraciones entre finales de otoño y principios de invierno, aunque presenta la particularidad de aparecer aunque con menor intensidad a finales del periodo estival (Fig.4.83).

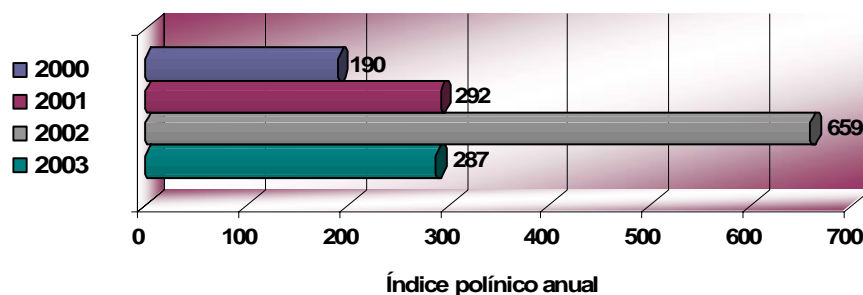


Fig.4.83. Índice polínico anual del tipo polínico *Artemisia* para los años estudiados.

El índice polínico medio de los cuatro años fue de 357, lo que equivale al 0,7% de la concentración de polen total correspondiente al mismo periodo. El año 2002 fue el que registró el valor más alto con diferencia, con el 46% del total de los cuatro años, mientras que el año 2000, con un índice polínico anual de 190, fue el que presentó los niveles más bajos, mostrando una diferencia del 71% menos, con relación al año anteriormente comentado.

Los índices polínicos mensuales más elevados se alcanzaron en el mes de diciembre en todos los casos excepto en el año 2002 que tuvo lugar en el mes de enero. En el último mes del año se contabilizó el 32% como media del total anual, siendo el porcentaje más bajo el del año 2002, con un escaso 14% ya que como se ha mencionado previamente fue en enero cuando se registró el grueso del contenido anual de dicho tipo polínico con el 46% del total del índice de ese año (Fig.4.84).

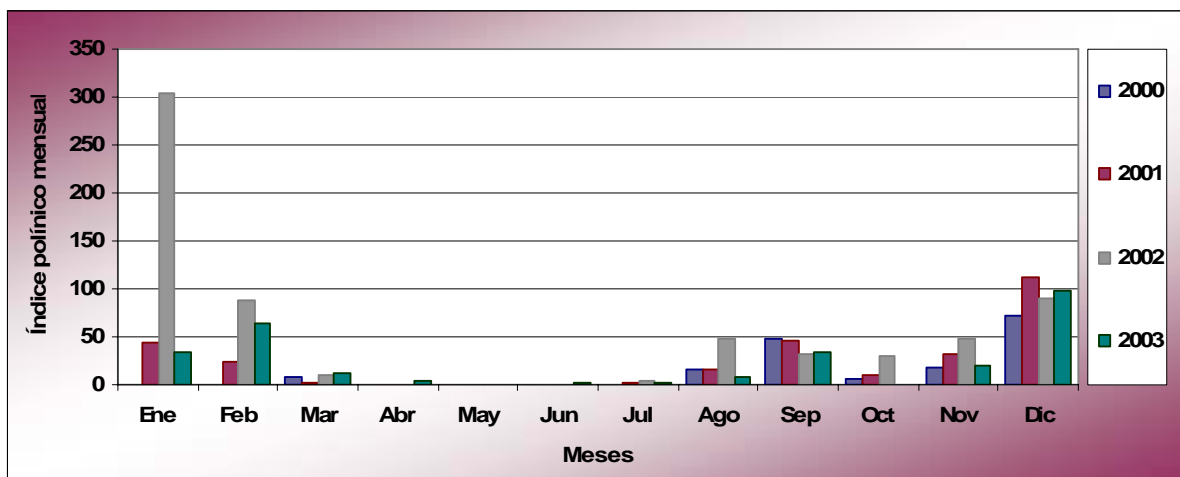


Fig.4.84. Índice polínico mensual del tipo *Artemisia* durante los años 2000-2003.

El polen de *Artemisia* aparece a modo de picos sucesivos desde la segunda mitad del periodo estival donde se observó un pico de menor intensidad que el segundo, localizado al comienzo del invierno que es seguido por otro, también algo menor en intensidad, a finales de enero o principios de febrero. Durante el otoño también se registraron ciertos niveles de este tipo polínico aunque en menor medida, alcanzando un pequeño máximo en noviembre (Fig.4.85).

La media de días anuales con polen de tipo *Artemisia* fue de 118 días, registrándose la máxima concentración diaria el 5 de enero de 2002, con 39 granos/m³.

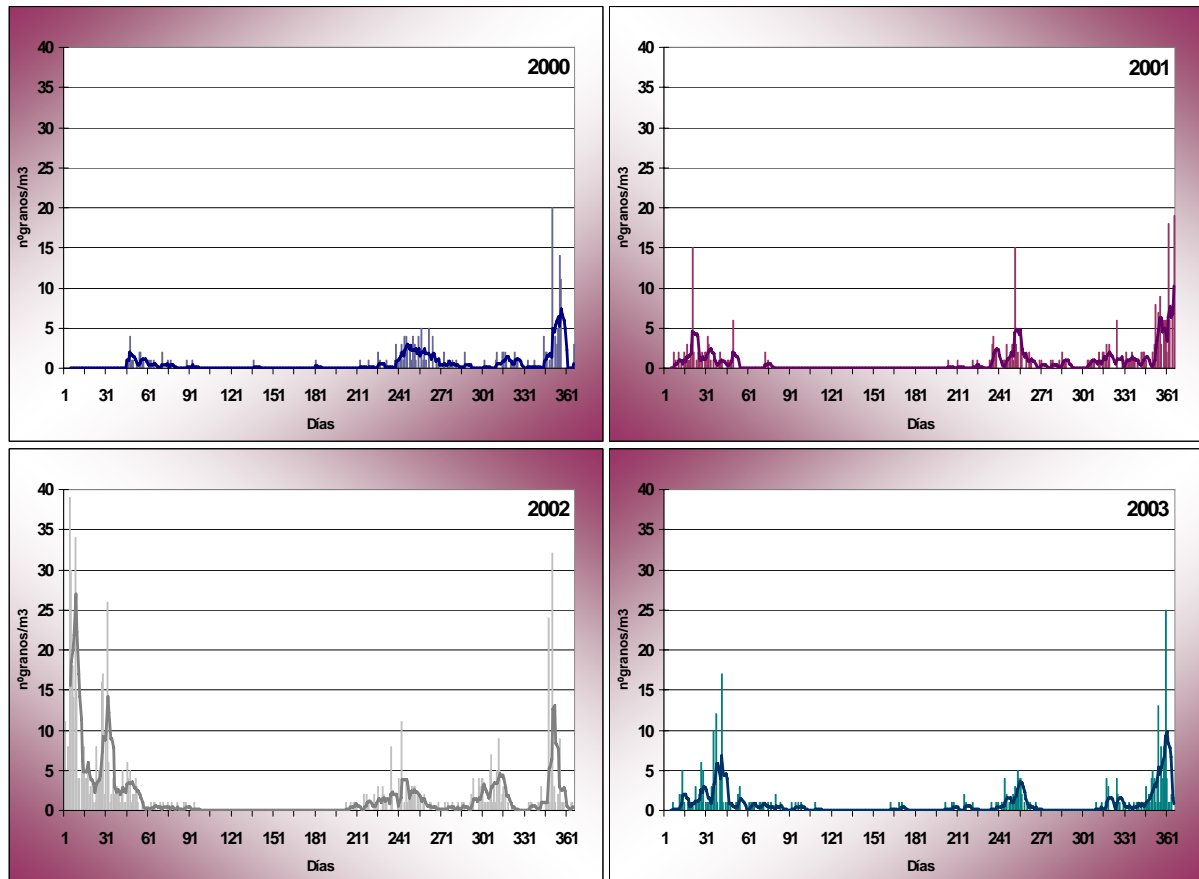


Fig.4.85. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Artemisia* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

En Nerja se han registrado los valores más elevados de polen de *Artemisia* dentro de la provincia de Málaga, según estudios realizados anteriormente en Estepona, Antequera y Málaga capital (Toro *et al.*, 1997; Recio *et al.*, 1998a; Recio *et al.*, 2000; Recio *et al.*, 2006). Sin embargo, si comparamos los índices obtenidos con los de otras localidades cercanas como Motril y Almería vemos que los niveles son inferiores a los de éstas. En Nerja, al igual que en Almería y Málaga capital se registró un fuerte incremento del índice anual durante el año 2002. Este año estuvo precedido por un otoño lluvioso que propició el desarrollo de estas plantas, mientras que el invierno fue seco, lo que evitó el efecto de lavado atmosférico que disminuiría el contenido de polen en el aire. La influencia positiva de las precipitaciones preestacionales también se ha puesto de manifiesto en Murcia (Munuera *et al.*, 1998; 1999). Los diferentes picos obtenidos año tras año podrían deberse a la floración escalonada de diversas especies presentes en los alrededores de la estación de muestreo.

Aunque los niveles alcanzados no son muy elevados, debido a la capacidad alergógena reportada del polen de este taxon tanto en España como en otros países europeos, debe ser tenido en cuenta como causa de polinosis entre la población (D'amato & Spiekma, 1992; Guillarte, 2002).

4.2.3.4. Tipo *Betula*

Morfología polínica



Polen 3-zonoporado, isopolar, de simetría radial. Triangular, angulaperturado en visión polar y elíptico en vista ecuatorial. Oblado o suboblado. Tamaño de pequeño a mediano. Aberturas de tipo poro de unos 2 μm de diámetro aproximadamente, aspidadas. Exina de casi 2 μm en la mesosporia, con sexina tan gruesa como la nexina. Tectum completo e infratectum sin columelas aparentes. Superficie granulada-equinulada, con microespínulas de diferentes tamaños que a veces se conectan entre sí formando pequeñas rúgulas.

Especies más frecuentes: *B. pendula* Roth (transporte a larga distancia).

Variación estacional

Este tipo polínico se registra fundamentalmente entre finales del invierno y principios de la primavera. Como se puede observar en la gráfica de la figura 4.86, las concentraciones alcanzadas a lo largo del año fueron mínimas, oscilando entre un índice polínico anual de 5 en el año 2003 y 21 en el año 2002.

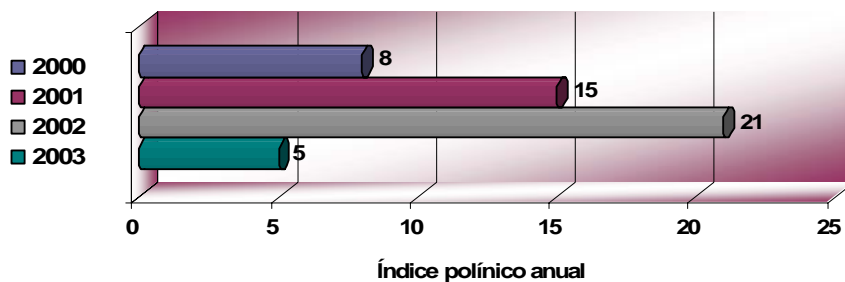


Fig.4.86. Índice polínico anual del tipo polínico *Betula* para los años estudiados.

El índice medio anual representó tan solo un 0,02% del polen total anual, produciéndose un incremento en las cantidades de polen de más de un 65% en los años centrales, aunque al tratarse de niveles tan bajos, dichos porcentajes, no pueden ser considerados significativos.

Las mayores sumas mensuales se alcanzaron en marzo y en abril, siendo este último el primero en orden de abundancia, con el 60% como media de la concentración total anual. En los meses restantes de la primera mitad del año, así como en diciembre, la detección de este tipo polínico fue esporádica y sólo en algunos años, con un valor del índice polínico mensual máximo de 3 en mayo de 2002 (Fig.4.87).

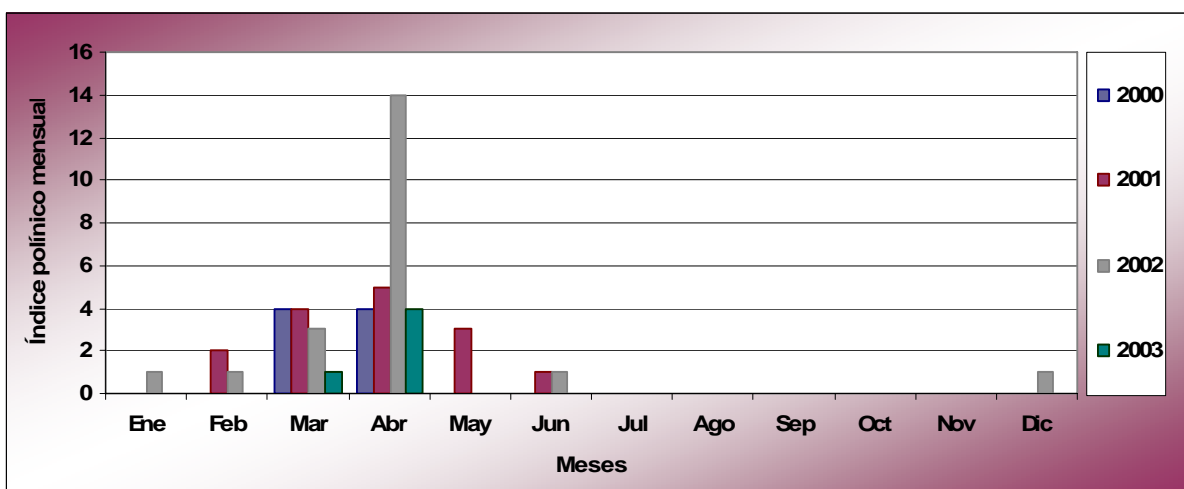


Fig.4.87. Índice polínico mensual del tipo *Betula* durante los años 2000-2003.

En relación con la distribución de las concentraciones medias diarias no podemos considerar la existencia de un pico de polen de *Betula* en la atmósfera de Nerja puesto que en la mayoría de los años estudiados aparecen de modo esporádico a principios de la primavera, y en más del 75% de los días muestreados se hallaron valores que no superaron 1 grano/m³ como media diaria.

En el año 2001 su aparición se prolongó en el tiempo hasta la primera semana de junio, mientras que en el año 2002 se registraron las mayores concentraciones medias diarias, alcanzando el máximo el día 22 de abril con un valor de 4 granos/m³ (Fig.4.88).

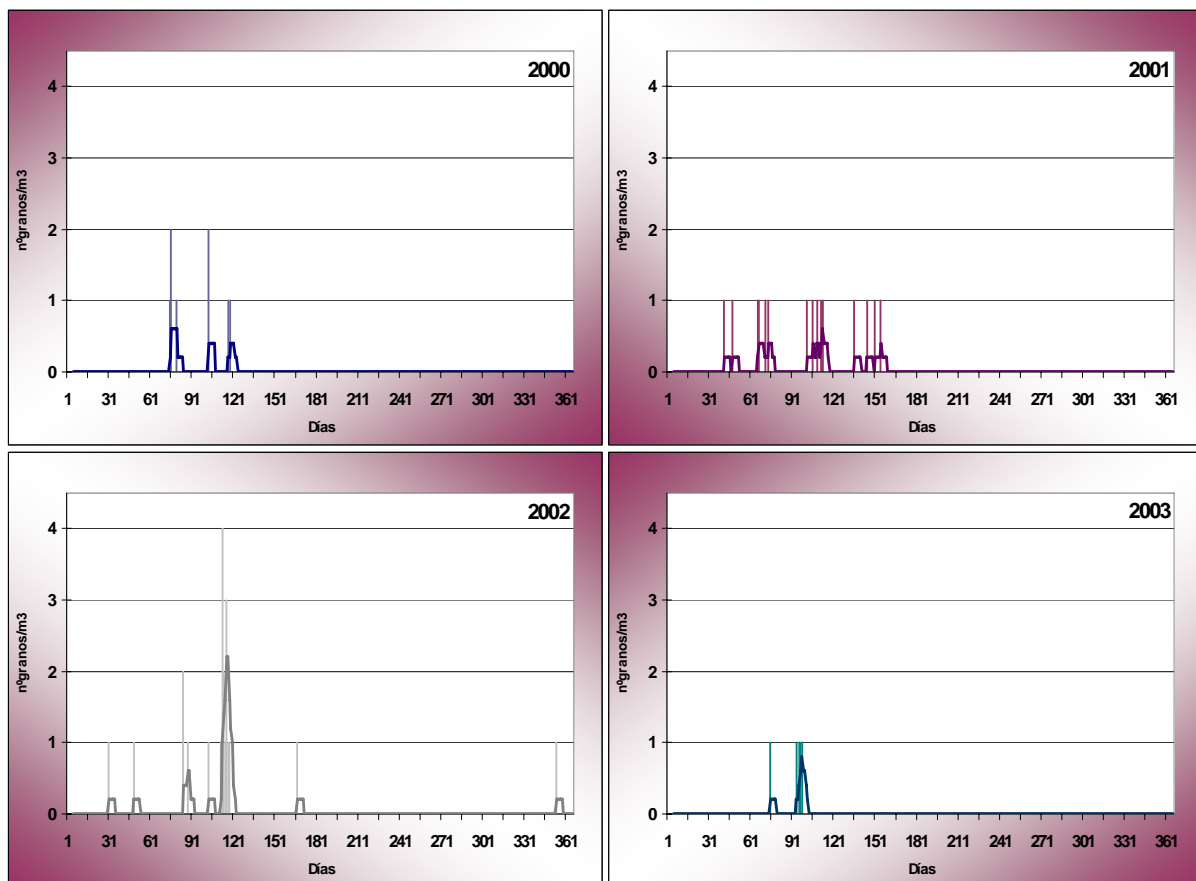


Fig.4.88. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Betula* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

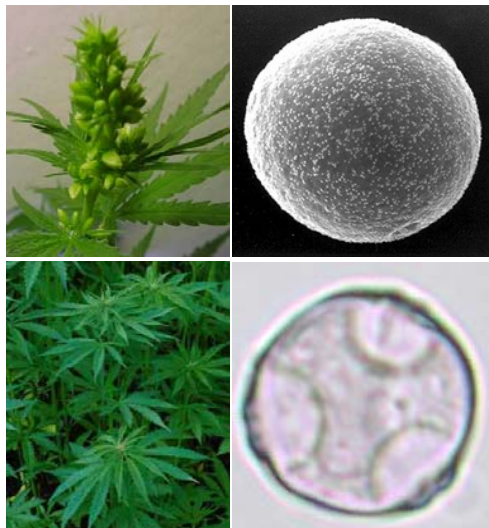
Podemos considerar la presencia de *Betula* en la atmósfera de Nerja como esporádica y resultado del transporte a larga distancia ya que este taxon no está presente en las cercanías de la estación de muestreo.

Los abedules apenas están representados en las provincias del sur de España, detectándose cantidades de polen similares a las de la atmósfera de Nerja que llegan a ser incluso nulas en muchas localidades. Sin embargo, este tipo polínico es mucho más habitual en el norte de la península, donde es considerado un importante alérgeno (Jato *et al.*, 2002; Méndez *et al.*, 2005), alcanzando índices anuales superiores a 9.200 (2001) en Santiago de Compostela (Dopazo *et al.*, 2002).

Aunque el polen de *Betula* causa gran cantidad de trastornos alérgicos en el centro y norte de Europa, donde se alcanzan concentraciones bastante elevadas (Spiekma, 1991b), siendo importante además por la existencia de reactividad cruzada entre otras betuláceas y algunas fagáceas (Vik *et al.*, 1991; D'Amato & Spiekma, 1992), en base a los registros polínicos alcanzados en nuestra área de estudio, no creemos que pueda ser causa de polinosis entre la población.

4.2.3.5. Tipo *Cannabis*

Morfología polínica



Polen 3(-4)-zonoporado, isopolar, radio-simétrico. De subtriangular a circular en vista polar y de subcircular a ligeramente elíptico en vista ecuatorial. De esferoidal a suboblado. Tamaño de pequeño a mediano. Aberturas simples, de tipo poro, circulares o ligeramente elípticas, aspidadas y con oncus ocasionado por el engrosamiento de la intina. Exina de menos de 1 μm de grosor, engrosándose alrededor de las aberturas. Superficie granulosa.

Especies más frecuentes: *Cannabis sativa* L. (transporte a larga distancia).

Variación estacional

El polen de *Cannabis* se registra fundamentalmente a finales de la primavera y comienzos de la época estival. En los cuatro años de estudio se contabilizó un índice polínico total de 243, lo que representó un 0,1% del polen total durante este mismo periodo.

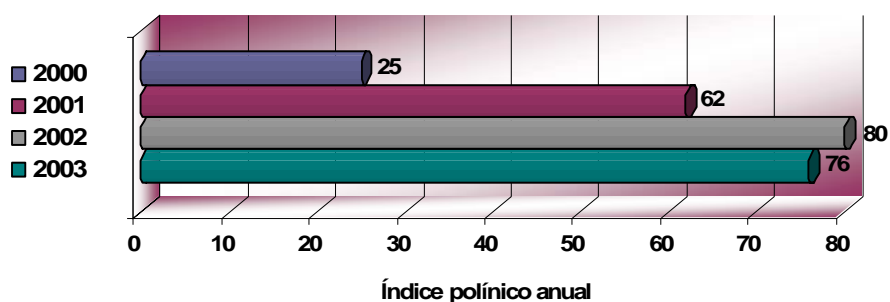


Fig.4.89. Índice polínico anual del tipo polínico *Cannabis* para los años estudiados.

En los dos últimos años de muestreo se detectaron mayores cantidades de polen que en los restantes, con un índice polínico anual de 80 y 76, respectivamente, resultado que difiere especialmente con el obtenido en el año 2000, en el que se registró un 68% menos de polen que en los años anteriormente mencionados. En el año 2001 esta diferencia se redujo a un 20% (Fig.4.89).

Mientras que en los años impares fue junio el mes en el que se obtuvo un mayor índice polínico mensual, con el 76 y 55% del total anual, respectivamente, mayo lo fue para el año 2002 y julio para el 2000 con el 41 y 60% del total. En el resto del periodo anual solamente los meses de abril, agosto y septiembre presentaron polen de *Cannabis* aunque en cantidades que no supusieron más que un 7,7% como media del total anual (Fig.4.90).

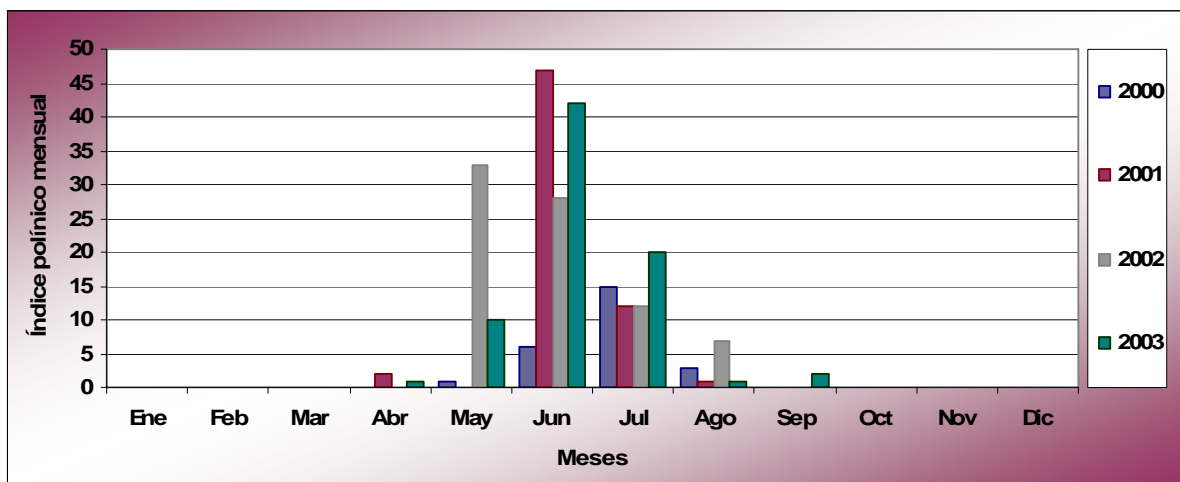


Fig.4.90. Índice polínico mensual del tipo *Cannabis* durante los años 2000-2003.

El valor máximo de las medias diarias se alcanzó en el año 2001 con 23granos/m³ de aire a mediados de junio (Fig.4.91). En la mayor parte de los años, la aparición de este tipo polínico se produjo a comienzos de mayo, excepto en el año 2000, en el que se detectó un atraso de un mes aproximadamente, en relación con los demás.

Los dos últimos años de muestreo mostraron un periodo de polinación mayor a los anteriores, registrándose un total de 42 y 36 días al año con valores distintos a cero, respectivamente frente a los 19 y 17 días de los años 2000 y 2001.

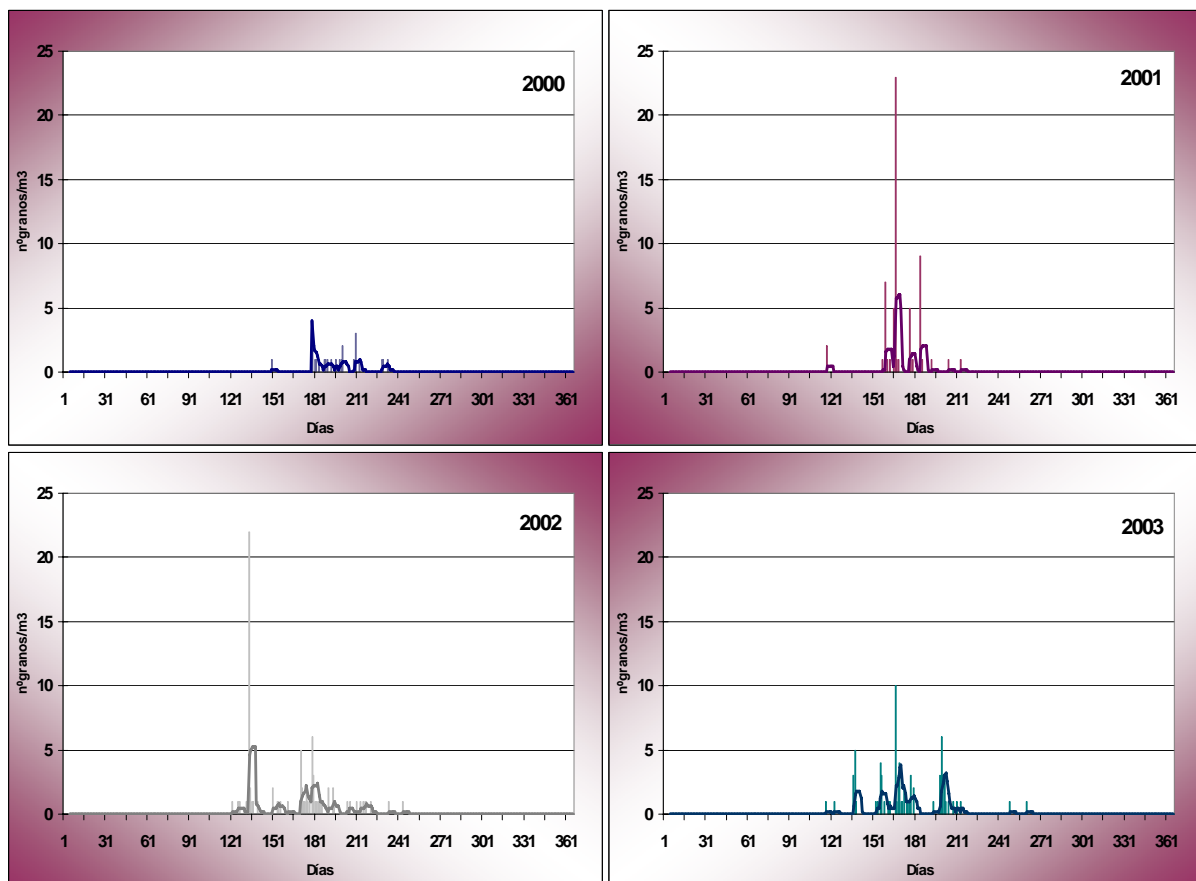


Fig.4.91. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Cannabis* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

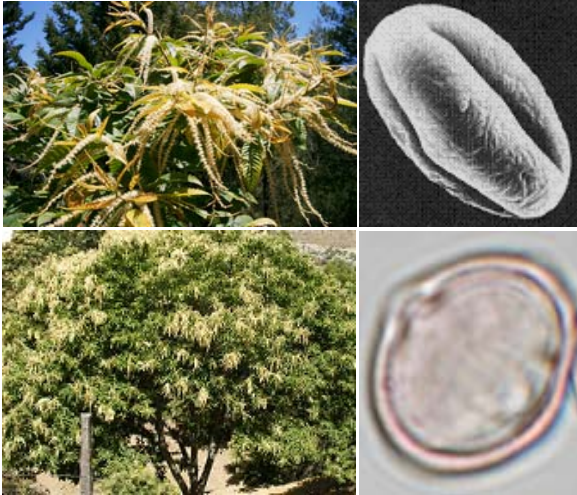
Comentarios y discusión

El polen de *Cannabis* aparece de manera constante en la atmósfera de Nerja entre finales de primavera y principios de verano, fundamentalmente. Debido a la inexistencia de plantaciones de *Cannabis* próximas al área de estudio, creemos que se trata de un transporte a media-larga distancia desde las grandes plantaciones del interior de Marruecos, propiciados por los vientos que a menudo soplan del norte de África en dirección a la Península siguiendo la trayectoria ya estudiada anteriormente por Cabezudo *et al.* (1997). Este mismo fenómeno ya ha sido puesto de manifiesto en otras localidades del sur de España como Málaga (Recio *et al.*, 1998a), Estepona (Toro *et al.*, 1997), Antequera (Recio *et al.*, 2000), Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002), Cádiz (Candau *et al.*, 2002a) y Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004).

El polen de *Cannabis* ha sido descrito como alergógeno por Maloney & Brodkey (1940) y MacQuiddy (1955) in Lewis *et al.* (1983), y por Sáenz (1978).

4.2.3.6. Tipo *Castanea*

Morfología polínica



Fotografía superior derecha tomada de Valdés *et al.* (1987).

Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. De subcircular a triangular-planaperturado, con ángulos obtusos y lados ligeramente cóncavos en vista polar, elíptico en vista ecuatorial. De subprolado a prolado y tamaño pequeño. Ectoaberturas de tipo colpo, terminales y endoaberturas de tipo poro, dispuestas en el ecuador. Membrana apertural escábrida. Exina de 1-2 μm de grosor en la mesocolpia con sexina más gruesa que la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie rugulada.

Especies más frecuentes: *Castanea sativa* Mill.

Variación estacional

Se trata de un tipo polínico cuya aparición se produce a principios de la época estival, detectándose un índice polínico anual medio de 105 granos de polen, lo que supuso un 0,2% del polen total del periodo estudiado (Fig.4.92).

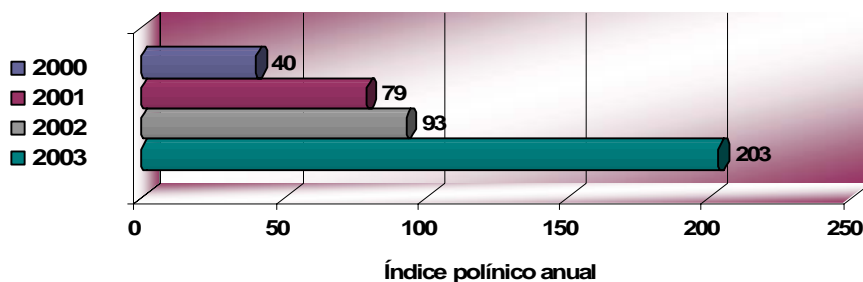


Fig.4.92. Índice polínico anual del tipo polínico *Castanea* para los años estudiados.

Las cantidades anuales detectadas fueron muy variables, siendo el año 2000 el que presentó una menor concentración polínica, no superando el 40% del índice medio de dicho tipo polínico. Sin embargo, el año 2003 sobrepasó en gran medida a los restantes años, contabilizándose más del doble del polen con relación al siguiente año en orden de abundancia.

El mes de junio fue el que presentó los mayores índices polínicos mensuales en todos los años de muestreo excepto, para el año 2000 en el que fue julio. A pesar de ello, el mes de junio registró el 49,1% como media, en relación con los totales anuales, siendo el del año 2003 el que obtuvo, con un índice mensual de 167, un porcentaje mayor con más del 82% del total anual. Tanto los dos primeros como los dos últimos meses del año presentaron niveles polínicos nulos, mientras que la suma de los restantes meses, excluyendo junio y julio no llegaron al 15% como media del índice polínico anual (Fig.4.93).

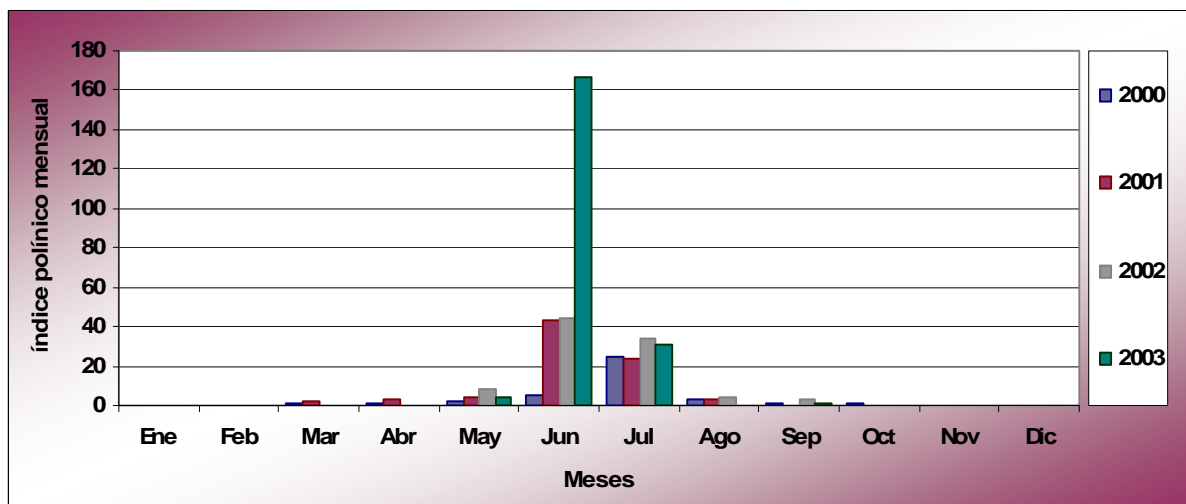


Fig.4.93. Índice polínico mensual del tipo *Castanea* durante los años 2000-2003.

El día pico de polen de *Castanea* se alcanzó en la segunda quincena de junio en todos los años, manteniendo concentraciones más o menos elevadas hasta la primera quincena de julio, aproximadamente. El pico de máxima concentración se alcanzó en 21 de junio del año 2003, con 42 granos/m³ de aire como media diaria, constituyendo el 21% del total anual (Fig.4.94). En el año 2000 se registraron niveles muy bajos de este tipo polínico, por lo que a pesar de tener un día pico que no superó los 7 granos/m³, éste supuso el 20% del total anual. En el caso de los años 2001 y 2002, este pico representó un 15 y poco más del 7% del total anual, respectivamente.

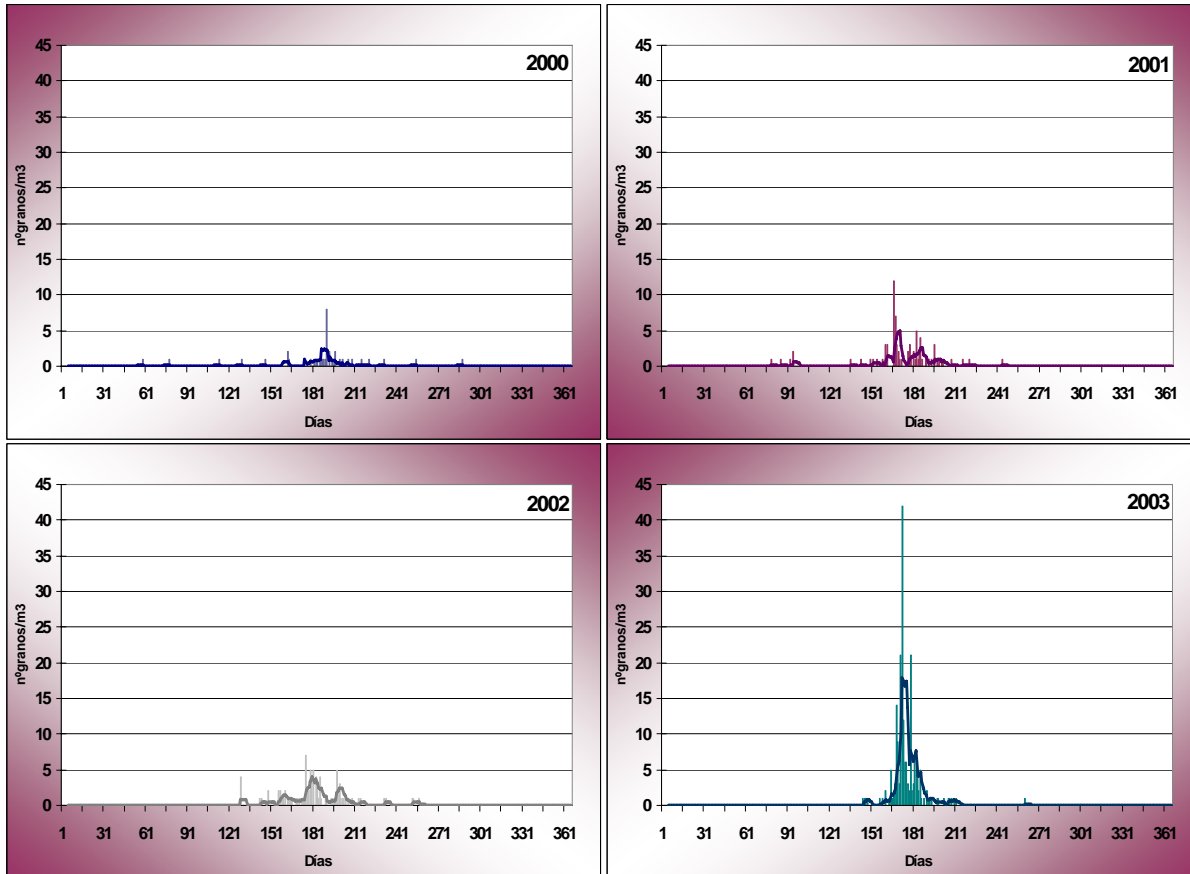


Fig.4.94. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Castanea* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

La ausencia de castaños en las zonas circundantes al punto de muestreo hace pensar que la presencia de este tipo polínico se debe al transporte desde zonas interiores, especialmente de la parte occidental de la provincia donde existen amplias áreas con plantaciones de castaños. Así, mientras que en Málaga capital las cantidades detectadas fueron similares a las de Nerja, en la localidad de Estepona, más occidental, los niveles registrados fueron sensiblemente mayores (Recio *et al.*, 2006). En otras provincias andaluzas se registraron también concentraciones relativamente bajas, al igual que en otras ciudades como Madrid, y de la costa este como Tarragona y Barcelona (Iglesias *et al.*, 1999), no siendo así en otras ciudades del norte de España como Ponferrada, en las que se detectaron índices anuales que superaron los 3.500 granos de polen en el año 2001 (Vega *et al.*, 2002b), Oviedo que sobrepasaron los 1.700 (Fernández-Casado *et al.*, 2002) y Santiago de Compostela con niveles polínicos por encima de 1.000 (Jato *et al.*, 2001a).

Las continuas lluvias acaecidas durante los primeros cinco meses del año pudieron ser los causantes del incremento del índice polínico anual registrado en el año 2003.

Aunque el polen de *Castanea* no está considerado como un importante alérgeno, puede ser responsable de manifestaciones alérgicas cuando las cantidades detectadas son elevadas (Ickovic & Thibaudon, 1991).

4.2.3.7. Tipo *Casuarina*

Morfología polínica



Polen 3-zonoporado, isopolar, radiosimétrico. Triangular en vista polar, angulaperturado, con los lados convexos, y elíptico en vista ecuatorial. Oblado. Tamaño mediano. Aberturas simples, de tipo poro, dispuestas en la zona ecuatorial, aspidadas, de 2-2,5 mm de diámetro. Exina de 1,5-2 μm de grosor, algo más gruesa alrededor de las aberturas, e intina muy engrosada, por debajo de las mismas. Superficie rugulada, con pequeñas espínulas como elementos suprategmiales.

Especies más frecuentes: *Casuarina cunninghamiana* Miq.

Variación estacional

Se trata de un tipo polínico típicamente otoñal, con un índice polínico anual medio para el periodo de muestreo de 211, lo que supuso un 0,4% del contenido polínico total atmosférico contabilizado en Nerja durante el periodo estudiado (Fig.4.95).

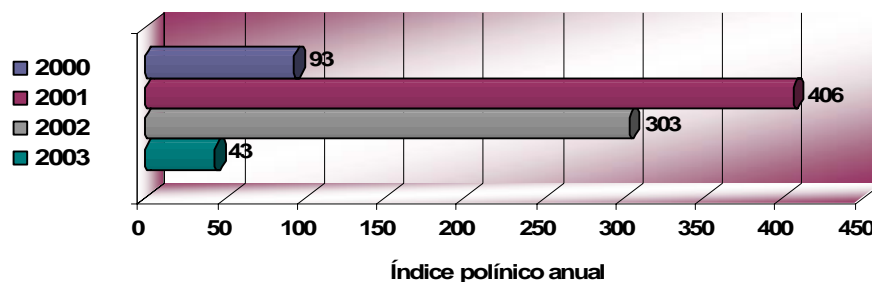


Fig.4.95. Índice polínico anual del tipo polínico *Casuarina* para los años estudiados.

Los años 2001 y 2002 son los que registraron un índice polínico mayor, con un valor de 406 y 303 respectivamente, frente a los 93 granos de polen del año 2000 y los 43 del 2003, siendo este último, el año con el menor índice suponiendo tan solo el 20% del índice anual medio.

Los mayores índices polínicos mensuales se detectaron en octubre en todos los años, excepto en el año 2003 en el que fue en noviembre. Octubre representó como media el 52% del índice de polen anual, aunque ese porcentaje fue variable, oscilando entre el 19% en el año 2003 y más del 86% en el 2001. Noviembre fue el segundo mes, por orden de abundancia, con el 31% como media del total del año, seguido por diciembre y los primeros tres meses del año donde la aparición de este tipo polínico fue esporádica (Fig.4.96).

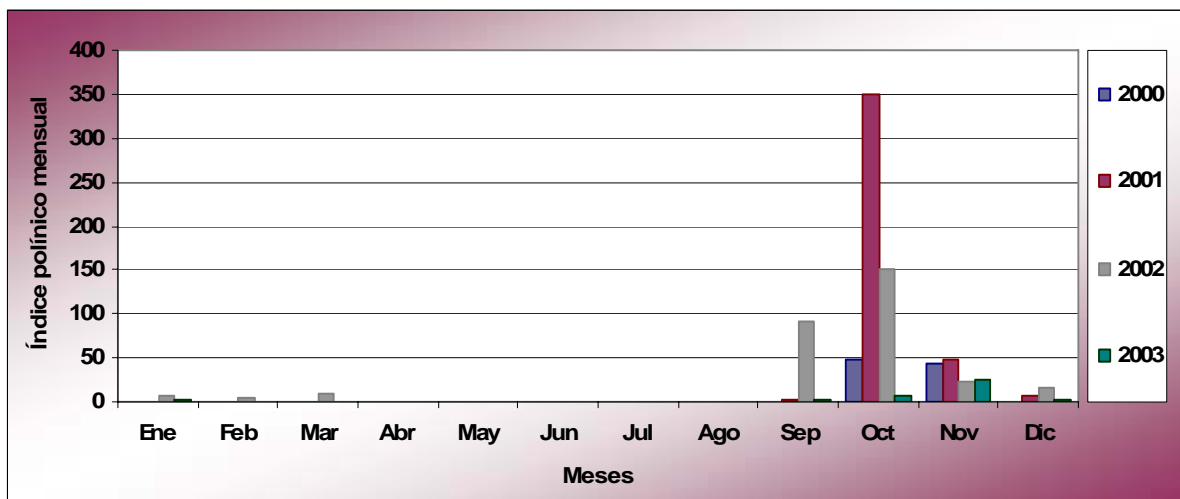


Fig.4.96. Índice polínico mensual del tipo *Casuarina* durante los años 2000-2003.

El polen de tipo *Casuarina* aparece en la atmósfera de Nerja de principios a mediados del otoño, extendiéndose a veces hasta finales de año, aunque con valores mínimos, como pudo observarse en el año 2002.

Se caracterizó por la presencia de varios picos consecutivos de diferente intensidad, siendo en el año 2001 cuando se registró el pico máximo diario el día 7 de octubre, con 135 granos/m³, lo que constituyó el 33% del total anual. Por el contrario, en el año 2003, el máximo diario se situó en 9 granos/m³, aunque dado el bajo índice de polen de este año, dicho máximo representó el 21% del total del año (Fig.4.97).

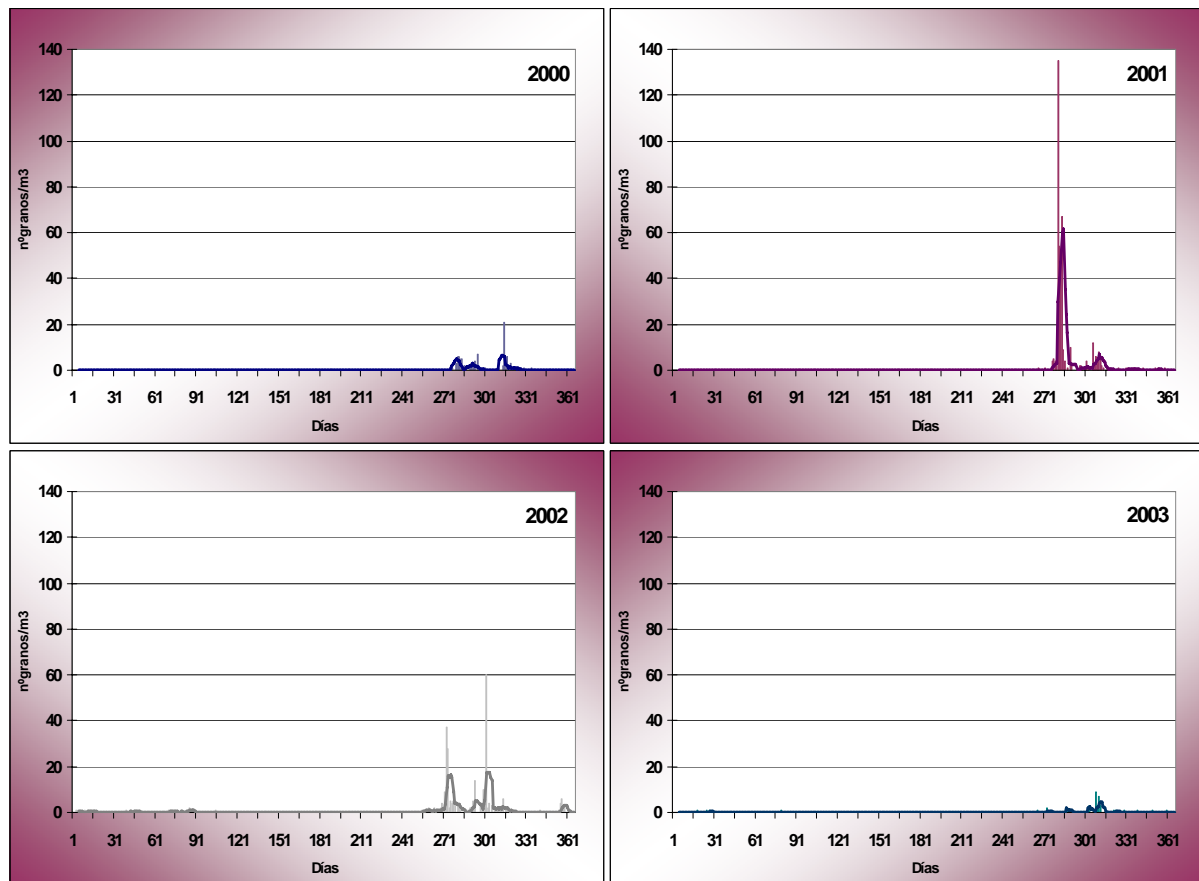


Fig.4.97. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Casuarina* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Casuarina cunninghamiana es un árbol bien representado en el entorno de la estación de muestreo pues forma parte de los jardines del complejo Cueva de Nerja. Dada su proximidad al captador, cabría esperar concentraciones más elevadas, al menos similares a las obtenidas en los años 2001 y 2002. Sin embargo, es posible que los vientos dominantes durante la época de floración de estos árboles no siempre favorezcan la captura del polen ya que la mayor parte de los ejemplares se encuentran al sureste del captador.

Este tipo polínico aunque de escasa incidencia en España debido su calidad de ornamental y que por lo tanto depende en gran parte de las zonas ajardinadas existentes en las diferentes localidades ya fue reportado como causante de procesos alérgicos en Miami en 1940 (Zivit, 1942) y en Málaga (García *et al.*, 1997) y aunque en algunas localidades andaluzas como Málaga, Antequera y Granada se alcancen concentraciones algo mayores, la mayor parte de las ciudades españolas muestran valores anuales inferiores a 50 (Trigo *et al.*, 2000).

4.2.3.8. Tipo Compositae (excluido tipo *Artemisia*)

Morfología polínica



Polen 3-zonocolporado, isopolar y radiosimétrico. De circular a subtriangular e incluso hexagonal en algunos tipos en vista polar y de circular a elíptico en vista ecuatorial. De suboblado a prolado. Tamaño de pequeño a grande. Aberturas compuestas, con ectoaberturas de tipo colpo y meso-, y endoaberturas de tipo poro, a veces las dos últimas difíciles de apreciar, sobre todo las mesoaberturas, debido a que la exina es muy variable en grosor y estructura. Téctum a menudo perforado e infratectum con

columelas bien apreciables, a veces ramificadas. Superficie generalmente equinolofada o equinada, a veces equinulada o escábrida.

Especies más frecuentes: *Anacyclus radiatus* Loisel., *Andryala integrifolia* L., *Anthemis arvensis* L., *Asteriscus maritimus* (L.) Less., *Calendula arvensis* L., *Carduus* sp. pl., *Centaurea pullata* L., *Chrysanthemum coronarium* L., *Cichorium intybus* L., *Conyza bonariensis*(L.) Cronq., *Galactites tomentosa* Moench., *Lactuca saligna* L., *Leontodon taraxacoides* (Vill.) Mérat., *Picris echioides* L., *Scolymus hispanicus* L., *Senecio vulgaris* L., *Sonchus* sp. pl., *Silybum marianum* (L.) Gaertner, *Sonchus oleraceus* L., entre otras.

Variación estacional

Este tipo polínico se detecta fundamentalmente en los meses de primavera, verano y en menor medida en otoño, aunque puede aparecer de forma esporádica durante el resto del año. Durante todo el periodo de muestreo se registró un índice polínico anual medio de 171 (0,3% del polen total), de los cuales, el mayor valor correspondió al año 2002, con un índice 236. Los años 2001 y 2003 casi mostraron resultados idénticos, con 178 y 181, respectivamente. El año 2000 fue el que presentó un menor índice anual de granos de polen de compuestas, con un valor de tan solo 88 (Fig.4.98).

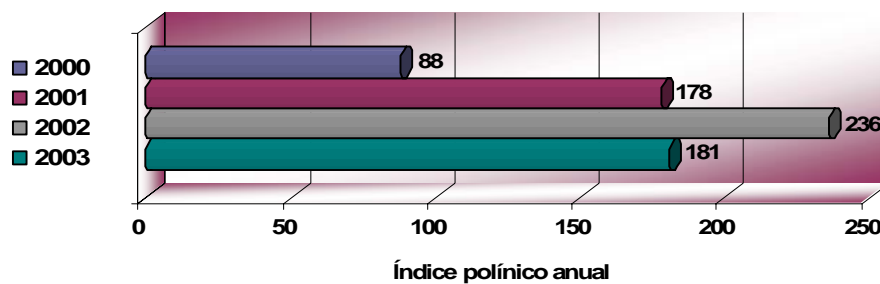


Fig.4.98. Índice polínico anual del tipo polínico Compositae para los años estudiados.

Los meses primaverales de abril, mayo y junio fueron los que presentaron los mayores índices de polen mensuales y mientras que los máximos mensuales se situaron en el mes de mayo en los años 2002 y 2003, en los años 2000 y 2001 se localizaron en junio y en abril, respectivamente. En esos tres meses se concentró el 62% del total anual como media. Sin embargo, el resto del año se detectaron granos de polen de compuestas aunque en cantidades mínimas, correspondiendo los índices mensuales más bajos a enero y diciembre (Fig.4.99).

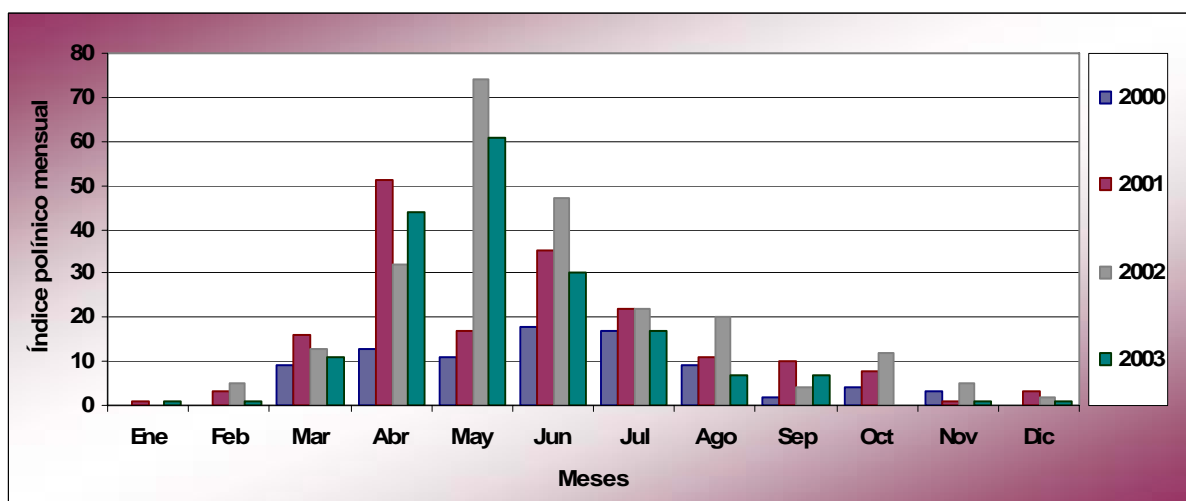


Fig.4.99. Índice polínico mensual del tipo Compositae durante los años 2000-2003.

Un comportamiento similar se observó en lo que a concentraciones medias diarias se refiere, detectándose presencia de polen del tipo Compositae a lo largo de la mayor parte del año, a excepción de parte del invierno, aunque en concentraciones mínimas. A pesar del incremento de los niveles en primavera, el máximo alcanzado fue de 17 granos/m³ el día 4 de abril en el año 2001, mientras que el 72% como media de los días cuyos niveles fueron superiores a cero no superaron el valor de 1 grano/m³. En los restantes años, los picos máximos de concentración se produjeron con posterioridad, apareciendo en mayo y junio (Fig.4.100).

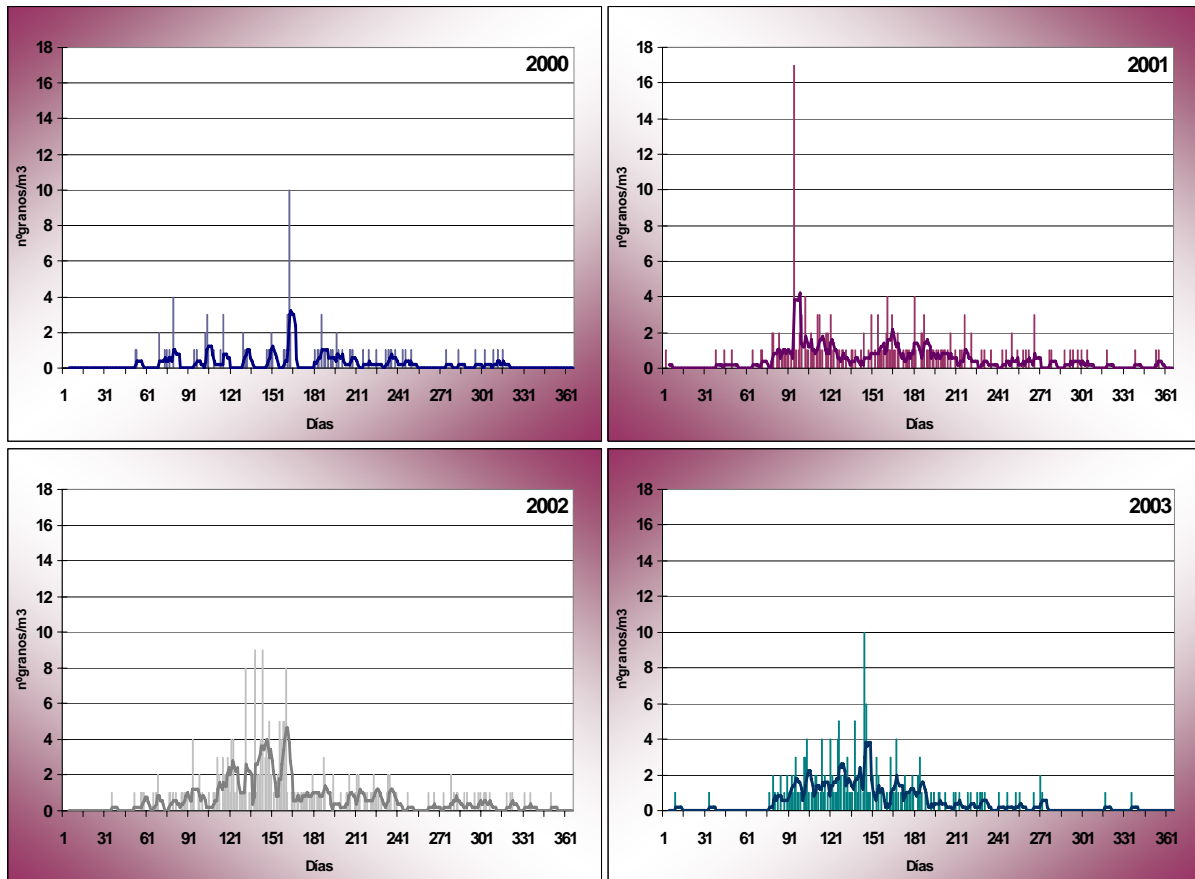


Fig.4.100. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Compositae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

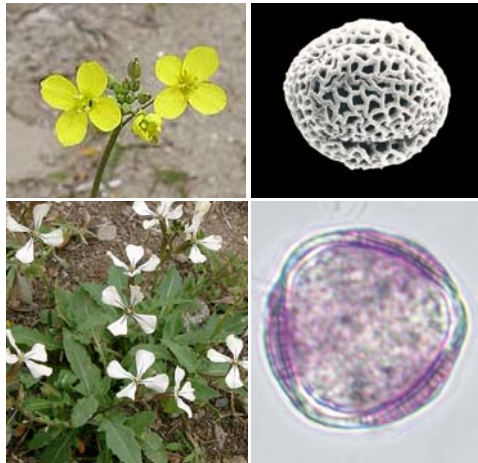
Las compuestas son plantas bien representadas en el entorno de la estación de muestreo. Sin embargo, se trata de una familia mayoritariamente entomófila, por lo que sus granos de polen no son frecuentes en la atmósfera, si bien suelen estar presentes en la misma durante buena parte del año, aunque de manera esporádica. La baja concentración registrada durante el año 2000 pudo estar ocasionada en parte por las escasas lluvias acontecidas durante el otoño del año precedente y el invierno, coincidiendo las primeras lluvias primaverales con el comienzo de la floración.

Un comportamiento similar al encontrado en nuestro estudio puede observarse en el resto de provincias andaluzas excepto Almería (Sabariego *et al.*, 2002; De Linares *et al.*, 2004) donde las cantidades de polen registradas fueron inferiores. Mientras que ciudades como Ciudad Real (Prieto *et al.*, 2002) o Madrid (Gutiérrez *et al.*, 2002) presentaron concentraciones superiores a las alcanzadas en Nerja, en el norte de España estos niveles fueron menores.

Aunque entre las mayores responsables de los problemas alérgicos de las compuestas se encuentran las artemisias, tratadas independientemente y ya comentadas, otras especies como *Helianthus* y *Taraxarum* también están implicadas frecuentemente en la producción de reacciones alérgicas (Guillarte, 2002).

4.2.3.9. Tipo Cruciferae

Morfología polínica



Polen 3-zonocolpado, isopolar, con simetría radial. Circular o más o menos lobulado en vista polar y de circular a ligeramente elíptico en vista polar. De subprolado a prolado. Tamaño de pequeño a mediano. Aberturas simples de tipo colpo, terminales. Membrana apertural granulada. Exina de 1,25-3 μm de grosor en la mesocolpia y sexina aproximadamente dos veces más gruesa que la nexina. Téctum parcial e infratéctum columelado, con columelas gruesas y distanciadas. Superficie reticulada, con lúmenes de 1-4 μm de diámetro y muros desde muy estrechos hasta tan anchos como los lúmenes.

Especies más frecuentes: *Brassica nigra* (L.) Koch., *Crambe filiformis* Jacq., *Diplotaxis virgata*, *Iberis fontqueri* Pau, *Lobularia maritima* (L.) Desv. *Sinapis alba* L., entre otras.

Variación estacional

El polen de Cruciferae se detectó en la atmósfera de Nerja principalmente durante los meses de primavera, con un índice polínico medio anual de 93, lo que representó el 0,2% del contenido total atmosférico del periodo estudiado (Fig.4.101).

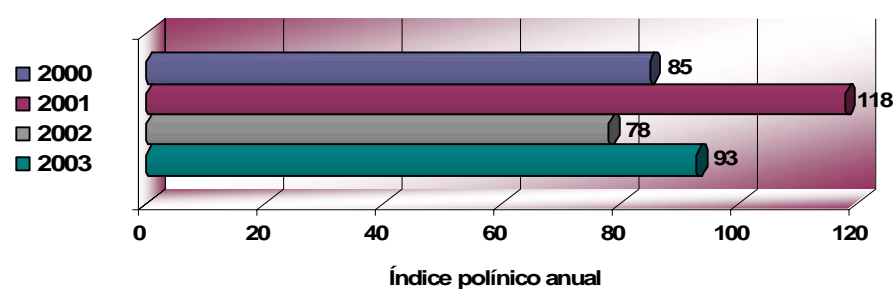


Fig.4.101. Índice polínico anual del tipo polínico Cruciferae para los años estudiados.

El año con mayores índices anuales fue el año 2001, con el 32% del total, aunque no existieron grandes oscilaciones con los restantes años ya que la máxima diferencia se estableció con el año 2002, y ésta no superó el 11% del total, con un índice polínico anual de 40.

Los meses pertenecientes al periodo primaveral y pre-primaveral fueron los que registraron mayores concentraciones semanales, siendo abril el mes con mayores índices en los años 2001 y 2003, con el 45 y 32% de la suma anual, respectivamente, mientras que en el año 2000 fue marzo con el 44% y en el año 2001, mayo con el 32% del total anual. Los meses desde agosto hasta diciembre no presentaron concentraciones significativas detectándose tan solo la aparición esporádica de algún grano de polen siempre a modo individual que apenas representaron, en conjunto, un 2,4% como media del índice polínico anual (Fig.4.102).

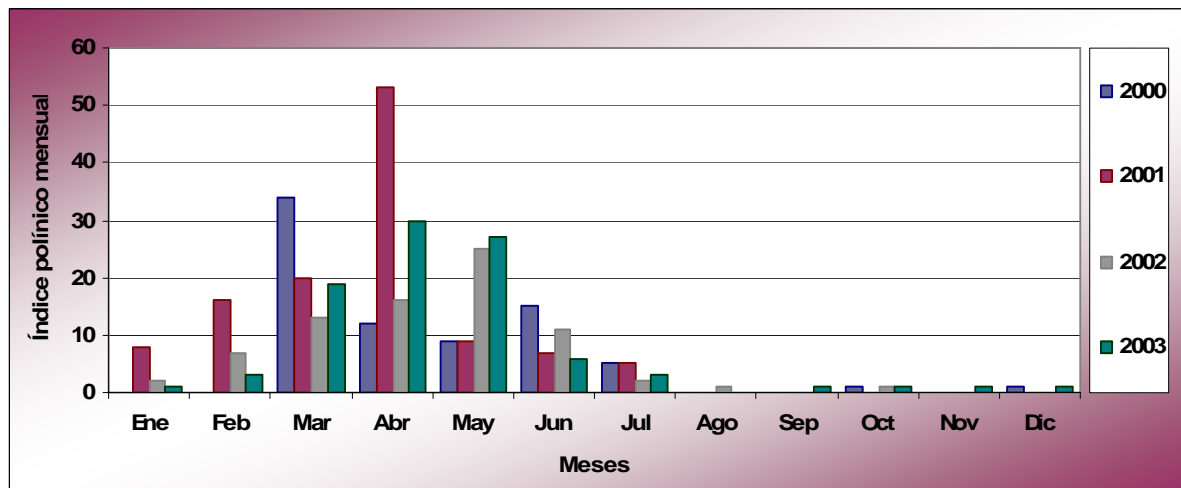


Fig.4.102. Índice polínico mensual del tipo Cruciferae durante los años 2000-2003.

Este tipo polínico fue detectado principalmente durante los siete primeros meses del año, aunque siempre en cantidades muy bajas, no superando los 10 granos/m³ como máximo entre las concentraciones medias diarias. Ese valor máximo fue alcanzado el día 7 de abril de 2001, representando el 8,5% de la concentración anual para ese año.

Estos pequeños incrementos de los niveles polínicos se detectaron en el periodo primaveral, oscilando en el tiempo de unos años a otros, mientras que durante la mayor parte del periodo restante, con presencia de granos de polen de crucíferas, no se alcanzaron valores superiores a 1 grano/m³, situación que se produjo en el 74% como media de los días con índices polínicos distintos a cero (Fig.4.103).

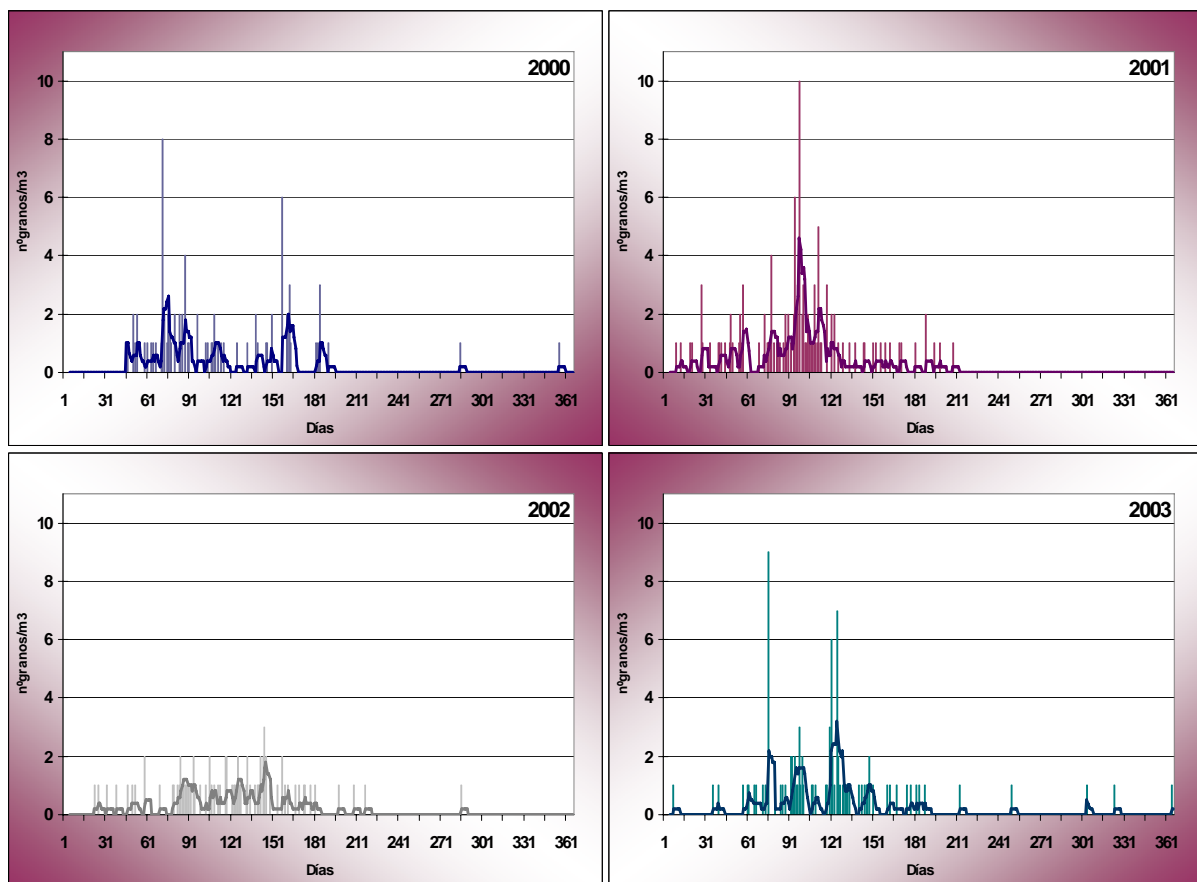


Fig.4.103. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Cruciferae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

La Familia *Cruciferae* presenta una polinización fundamentalmente entomófila por lo que a pesar de ser cosmopolita no se registran niveles elevados en la atmósfera. A pesar de ello, ha sido descrita como alergógena (Lewis *et al.*, 1983). Al estar compuesta por un gran número de especies que florecen en diferentes épocas del año es posible la detección de granos de polen durante gran parte del año como se aprecia en Nerja y en otras ciudades próximas como Málaga (Recio *et al.*, 2002c), Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002) y Murcia (Munuera *et al.*, 2002) entre otras, y aunque los índices anuales alcanzados en la mayoría de las provincias españolas difícilmente superan valores de 200, siendo más frecuentes valores en torno a 100, en el norte de la Península, en ciudades como Lugo o Vigo estas concentraciones, además de registrarse en un menor número de meses, presentan valores anuales que no superan los 50 granos de polen (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2002a; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2002b).

4.2.3.10 Tipo Cyperaceae

Morfología polínica



Polen anaporozonocolpado, anazonoporado o inaperturado. Heteropolar, con simetría radial. De circular a cuadrado en visión polar y con forma más o menos piriforme o triangular en visión ecuatorial. De subprolado a prolado y tamaño de pequeño a grande. Si es aperturado, con 4-7 aberturas simples, una de tipo poro situada en el polo distal y las demás de tipo poro o colpo en la zona ecuatorial. Membrana apertural generalmente insulada pero también puede ser verrucosa. Exina de aproximadamente 1 μm de grosor, con la sexina y nexina difíciles de distinguir. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie granulada y perforada sobre la que se pueden disponer elementos suprategmales de muy pequeño tamaño.

granulada y perforada sobre la que se pueden disponer elementos suprategmales de muy pequeño tamaño.

Especies más frecuentes: *Carex* sp. pl., *Cyperus rotundus* L., *Scirpus holoschoenus* L.

Variación estacional

El polen de Cyperaceae se detectó en la atmósfera de Nerja fundamentalmente a finales primavera y comienzos del verano, aunque apareció de modo esporádico en otras épocas del año. Durante el periodo de muestreo se registró un índice polínico anual medio de 86 granos de polen, lo que representó el 0,15% del polen total del periodo estudiado (Fig.4.104).

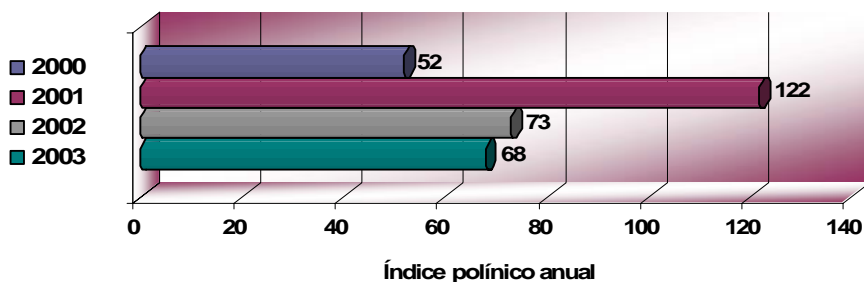


Fig.4.104. Índice polínico anual del tipo polínico Cyperaceae para los años estudiados.

En el año 2001 se obtuvieron las mayores concentraciones anuales con un índice anual de 122, lo que supuso el 38,7% del total detectado. Los restantes años mostraron niveles inferiores y más similares entre sí, con valores que oscilaron entre 52 granos de polen en el año 2000 y 73 en el año 2002.

Mayo, junio y julio fueron los meses en los que se detectaron las mayores concentraciones polínicas, representando el 64% como media, del total anual (Fig.4.105). Junio fue el mes con mayores índices de polen de Cyperaceae en los años 2001 y 2003, con el 26 y 35%, respectivamente, mientras que julio, con el 32%, lo fue en el año 2000 y mayo, con el 30%, para el 2002.

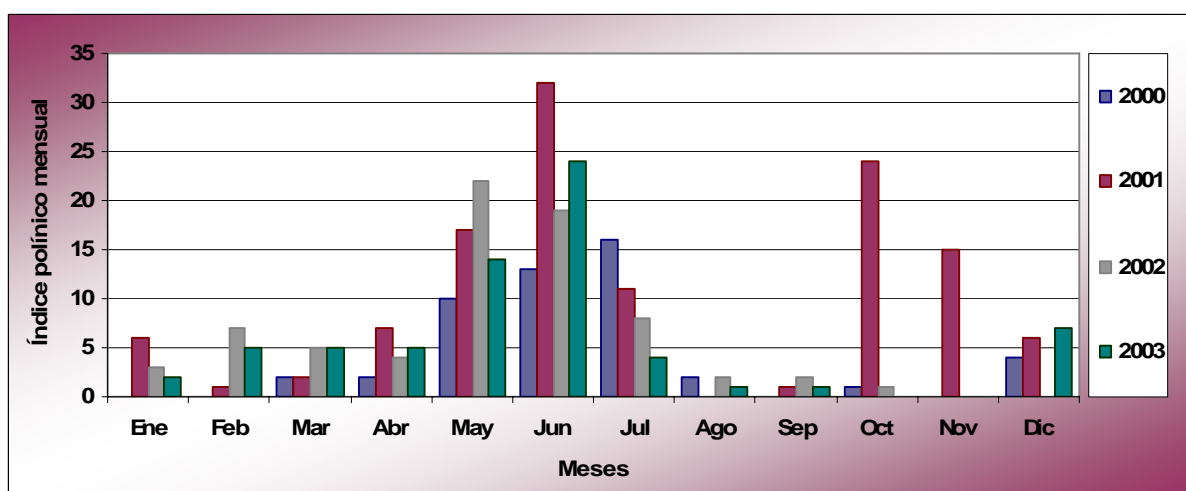


Fig.4.105. Índice polínico mensual del tipo Cyperaceae durante los años 2000-2003.

Este tipo polínico aparece de modo esporádico durante la mayor parte del año, produciéndose un incremento de las concentraciones desde la segunda mitad de la primavera hasta la primera mitad del periodo estival.

En todos los años, excepto en el año 2002, se observó la aparición de un segundo pico a finales de año, aunque más acusado y adelantado en el año 2001. A pesar de su prolongada presencia en la atmósfera de Nerja, los niveles medios diarios alcanzados fueron bajos, obteniéndose un pico máximo, coincidente en todos los años, de 4 granos/m³ entre los meses de mayo y junio a excepción del año 2001, en el que dicho máximo se alcanzó en octubre. Finalmente, destacar que un porcentaje superior al 83% de los días con registro de polen de tipo Cyperaceae, no sobrepasaron el valor de 1 grano/m³ de media diaria (Fig.4.106).

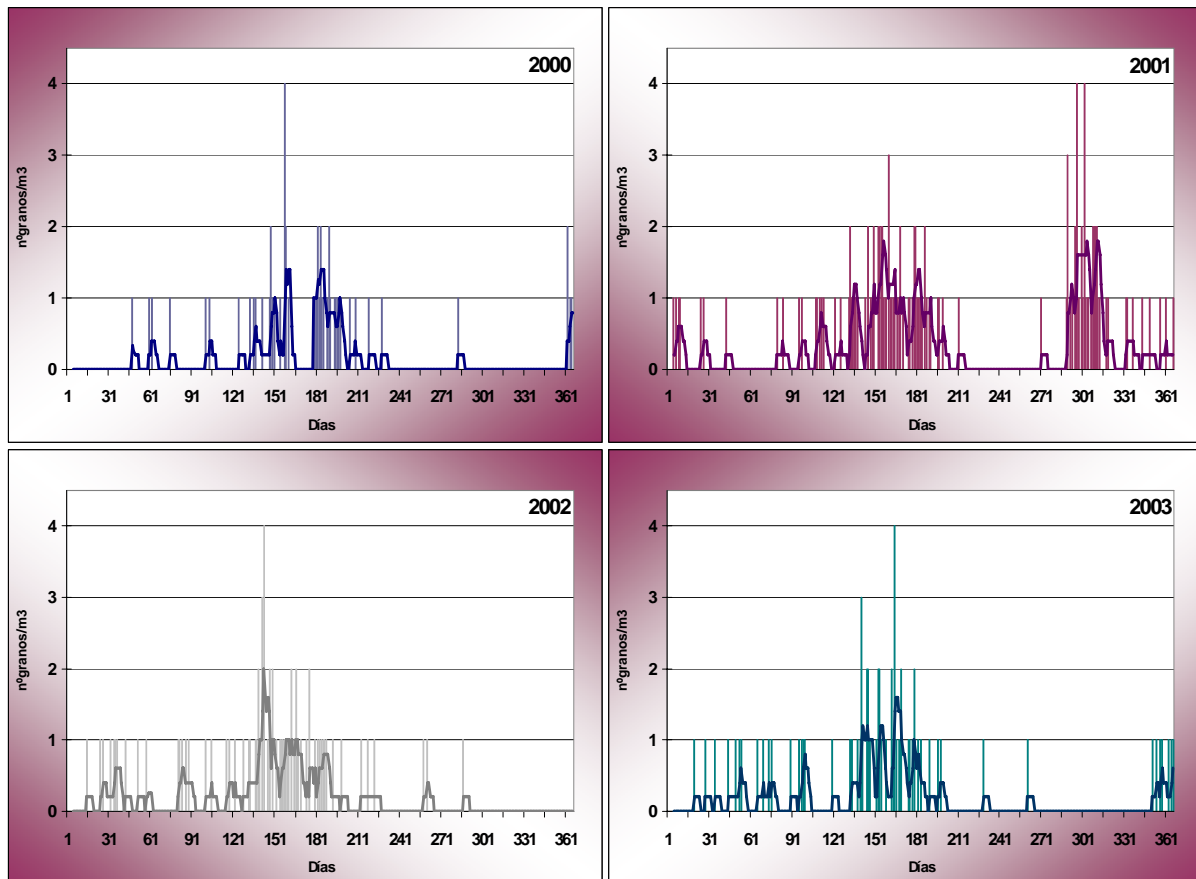


Fig.4.106. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Cyperaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

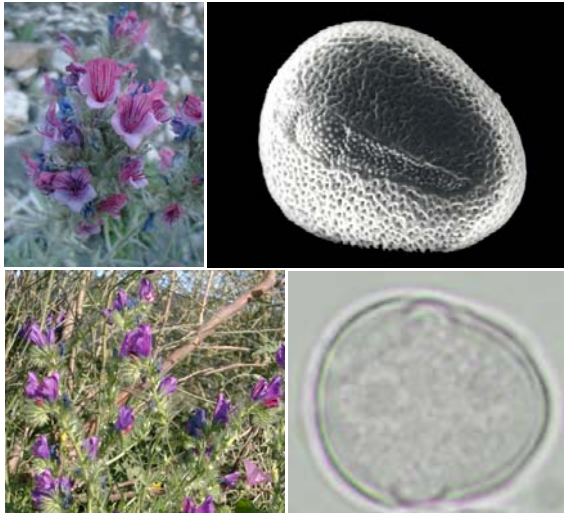
Las ciperáceas no son plantas especialmente abundantes en el área de estudio ya que algunas de ellas suelen vivir en lugares encharcados y cursos de agua. De ahí la escasa presencia de su polen en la atmósfera. Normalmente sus pólenes aparecen a finales de primavera o en verano, aunque en este caso se observó la presencia de polen durante el otoño y parte del invierno debido a la floración de otras especies del género *Cyperus* y *Carex*, que debido a la peculiar climatología de Nerja con inviernos muy suaves, presentan un periodo de floración muy prolongado.

Aunque no aparece frecuentemente en estudios de alergenicidad varios géneros de esta familia han sido citados como alergógenos por diversos autores (Lewis *et al.*, 1983; Bessot *et al.*, 1992).

Cantidades polínicas similares a las registradas en Nerja han sido detectadas en localidades cercanas como Estepona (Toro, 1997), Málaga (Recio *et al.*, 2002c) y Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004), mientras que en el norte de la Península Ibérica se presentan índices anuales generalmente inferiores como es el caso de las provincias gallegas (Méndez *et al.*, 2002; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2002a; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2002b) y con un PPP inferior, concentrándose el polen en los meses de primavera y parte del verano.

4.2.3.11. Tipo *Echium*

Morfología polínica



reticulada, con lúmenes redondeados y escasos gránulos sobre los muros.

Polen 3-zonocolporado, heteropolar, con simetría radial. De circular a subtriangular planaperturado en vista polar, piriforme en vista ecuatorial. De subprolado a prolado. Tamaño pequeño. Ectoaberturas de tipo colpo, terminales y endoaberturas de tipo poro, isodiamétricas de 3,5-4 μm de diámetro, más próximas al polo distal y con costillas. Membrana apertural granulada. Exina de apenas 1 μm de grosor en la mesocolpia, con sexina tan gruesa como la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie perforado-

Especies más frecuentes: *Echium albicans* Lag. & Rodr. *E. plantagineum* L.

Variación estacional

Se trata de un tipo polínico típicamente primaveral que alcanzó a lo largo de todo el periodo estudiado un índice polínico medio de 161, lo que representó un 0,3% del contenido polínico total atmosférico (Fig.4.107).

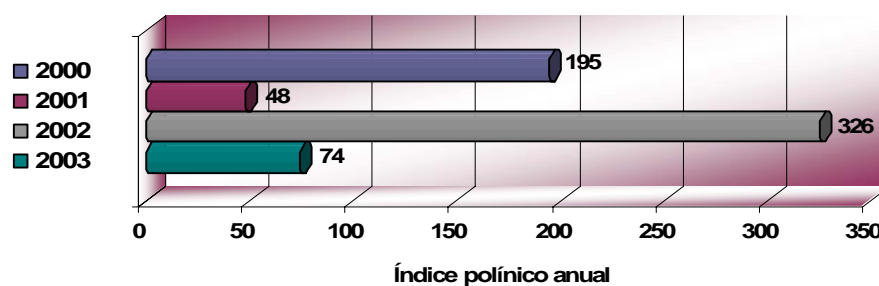


Fig.4.107. Índice polínico anual del tipo polínico *Echium* para los años estudiados.

Existieron enormes variaciones en el número de granos de polen de un año a otro, siendo el más importante por orden de abundancia el año 2002, que con un índice de polen anual de 326, registró más de la mitad del total de polen del periodo de muestreo. Le siguió el año 2000, con 195. Los años 2003 y 2001 sólo presentaron 74 y 48 granos de polen como índice anual respectivamente, lo que supuso en este último, un 85% menos en relación con el año de mayores concentraciones polínicas.

El mes en el que se alcanzaron los índices mensuales más elevados fue mayo, el cual coincidió en todos los años, representando un 47% como media del total anual. Este mes fue seguido por abril, también en todos los años, con el 24% como media de la suma anual. Los cinco últimos meses del año registraron niveles prácticamente nulos, a excepción de la aparición esporádica de 1 grano/m³ en alguno de ellos (Fig.4.108).

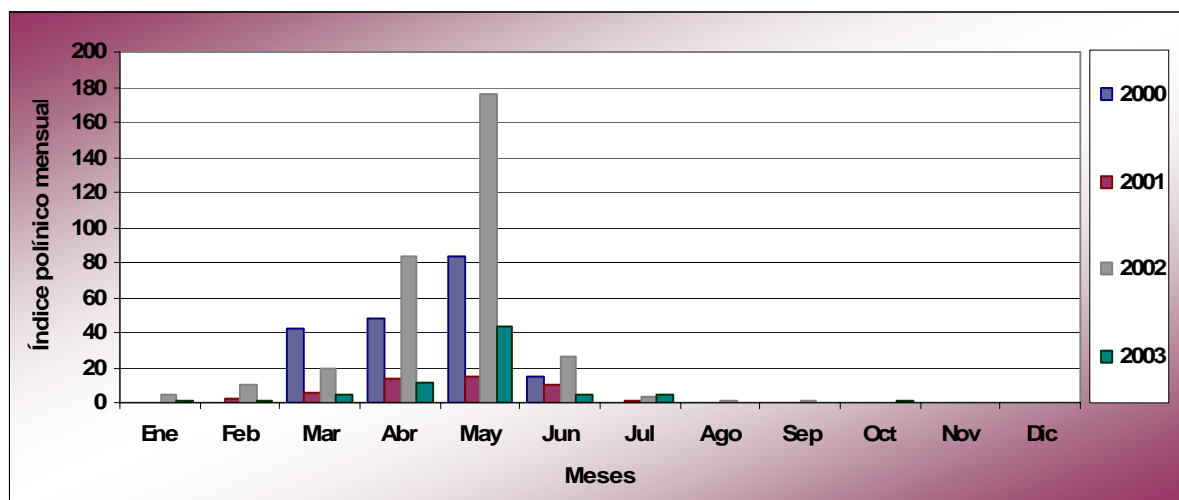


Fig.4.108. Índice polínico mensual del tipo *Echium* durante los años 2000-2003.

Si nos fijamos en la gráfica de distribución de los valores medios diarios, observamos la pauta descrita anteriormente, en la que el polen de *Echium* apareció durante la primera mitad del año, con sus mayores concentraciones registradas a mediados de la primavera. Sin embargo, tanto el patrón de la curva como la aparición del pico máximo de concentración variaron mucho de unos años a otros (Fig.4.109). Así, en el año 2001 no se apreció ningún pico y casi el 86% de los días con polen no superaron la concentración de 1 grano/m³, mientras que el porcentaje restante correspondió a un total de seis días con un máximo de 2 granos/m³. En el lado opuesto, el año 2002 presentó el mayor porcentaje de concentraciones más elevadas, por lo que el número de días cuyos niveles se mantuvieron en 1 grano/m³ se redujeron al 47%, alcanzando un pico máximo diario de 22 granos/m³ (21% de la concentración total anual) el día 18 de mayo.

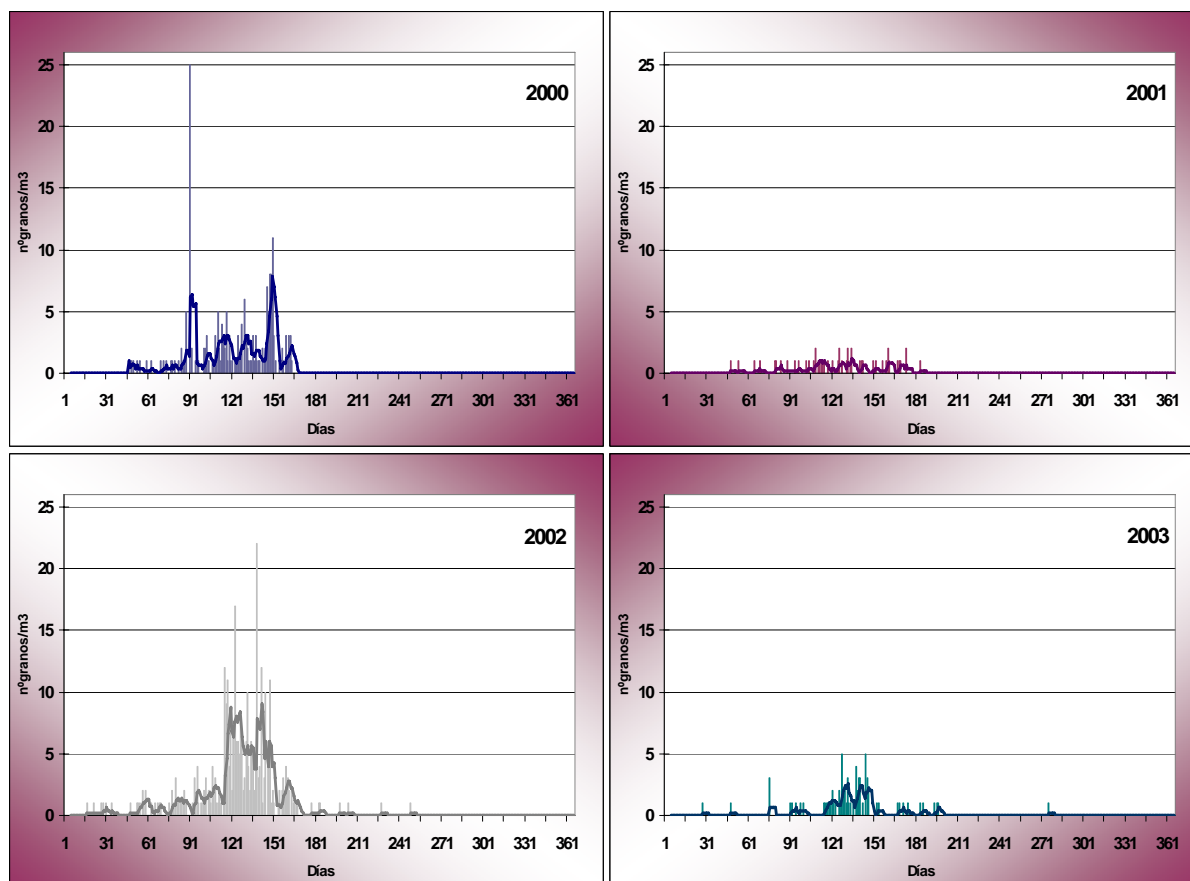


Fig.4.109. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Echium* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Echium es un taxon típicamente entomófilo, aunque sus granos de polen de tamaño pequeño y poco peso, unidos a la elevada producción polínica hacen que puedan pasar fácilmente a la atmósfera por efecto de las turbulencias y corrientes de aire (Muñoz *et al.*, 2005). Las cantidades polínicas son similares a las detectadas en Málaga capital (Recio, 1995) y Estepona (Toro *et al.*, 1997), localidades que se engloban entre las que registran los mayores niveles en España, siendo superadas tan sólo por las provincias extremeñas (Muñoz *et al.*, 2005). La época en la que aparece en la atmósfera de Nerja coincide con los datos apuntados por otros autores en diversas localidades del sur de la Península Ibérica, tales como Málaga y Almería (Recio *et al.*, 2002c; Sabariego *et al.*, 2002; Recio *et al.*, 2004; De Linares *et al.*, 2004), si bien la aparición es más temprana y el índice polínico anual es mayor que en las regiones del norte.

Las grandes diferencias cuantitativas detectadas en estos años de muestreo pudieron deberse al carácter anual de estas especies, mucho más dependientes de la disponibilidad de agua en el suelo. En el año 2001 se produjeron lluvias otoñales más intensas lo que, unido a las precipitaciones acaecidas al comienzo de la primavera del 2002, pudieron ocasionar el ascenso de las concentraciones de polen. El año 2003 a pesar de ser el más lluvioso, presentó un gran número de días con lluvia que coincidieron con el PPP de *Echium*, y dados la alta humedad relativa, así como el efecto de lavado atmosférico existente pudieron ocasionar un descenso de los niveles de polen registrados.

4.2.3.12. Tipo Ericaceae

Morfología polínica



Polen 3-zonocolporado (colporoidado), que aparece en trétradas tetraédricas regulares o irregulares cuadradas o tetraédricas. Tamaño de la tétada de mediano a grande. Ectoaberturas de tipo colpo, afectando a granos de polen contiguos y endoaberturas de tipo poro, lalongadas, aunque generalmente difíciles de apreciar. Membrana apertural punteada o granulada. Exina de 1-2,5 μm de grosor con sexina y nexina difíciles de distinguir. Téctum completo e infratéctum aparentemente sin columelas o ligeramente columelado. Superficie psilado-punteada, escábrida o verrugosa.

Especies más frecuentes: *Arbutus unedo* L., *Erica arborea* L., *E. erigena* R. Ross, *E. terminalis* Salisb.

Variación estacional

Este tipo polínico se detecta fundamentalmente en los meses de primavera, contabilizando un índice polínico anual medio del periodo de muestreo de 93, lo que supone un 0,17% del polen total (Fig.4.110).

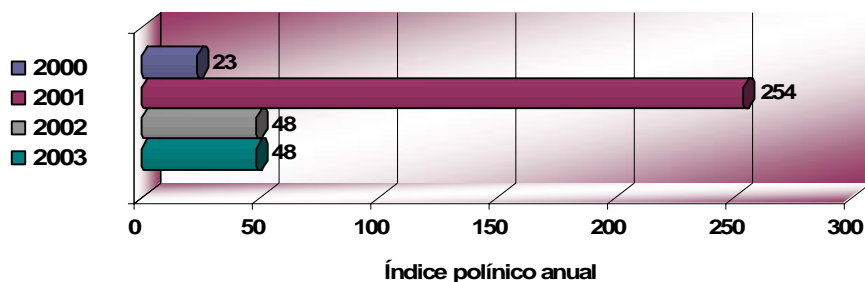


Fig.4.110. Índice polínico anual del tipo polínico Ericaceae para los años estudiados.

Cabe destacar la variación existente, en cuanto a concentración se refiere, del año 2001 frente a los demás, ya que con un índice polínico anual de 254 superó en más del 720% como media a los restantes años, correspondiéndose con más del 68% del total del periodo estudiado.

Los índices polínicos mensuales más elevados dentro de cada año correspondieron a los meses de abril en los años 2000 y 2001 con el 74 y 40% de la suma anual, respectivamente y mayo en el 2002 y 2003, representando el 52 y 46% del total anual, respectivamente. A estos meses le siguió marzo, con un 13% como media de la concentración anual. La segunda mitad del año, así como los primeros dos meses del año, apenas supusieron el 7% como media del índice total anual de los diferentes años estudiados (Fig.4.111).

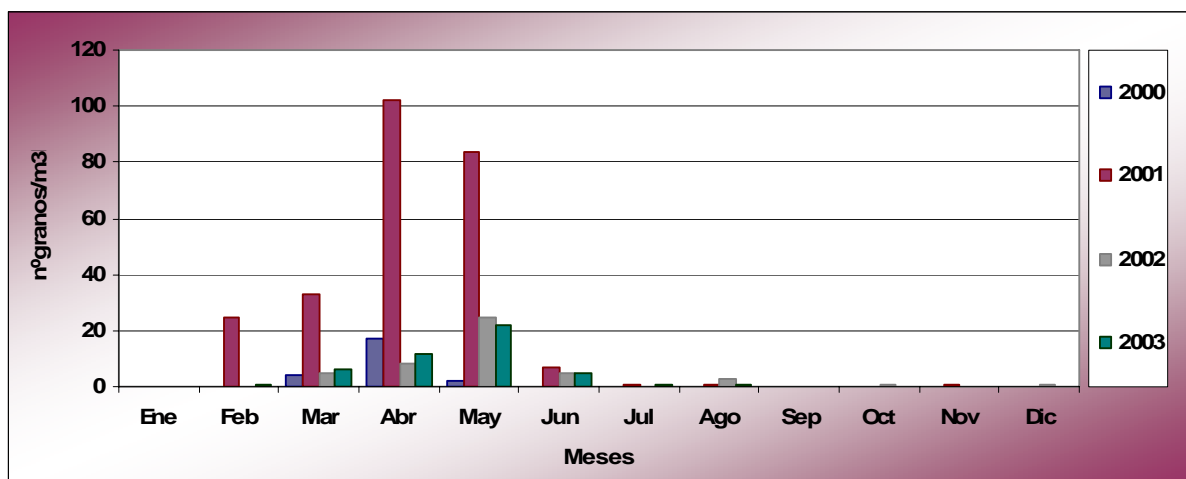


Fig.4.111. Índice polínico mensual del tipo Ericaceae durante los años 2000-2003.

A lo largo del año se pueden apreciar varios picos, aunque no con la misma nitidez en todos los años debido a la escasa concentración detectada en alguno de ellos. Generalmente, el primero de ellos tiene lugar a finales del invierno para posteriormente aparecer una serie de picos consecutivos durante la primavera. Aunque el valor diario máximo alcanzado fue de 31 granos/m³ el 27 de abril del año 2001, en los restantes años dicho valor no superó los 8 granos/m³.

El número de días al año con presencia de este tipo polínico, osciló de unos años a otros con valores que fueron desde los 10 días en el año 2000 hasta los 68 en el año 2001. Para los dos últimos años se obtuvieron valores muy similares con 31 y 33 días, respectivamente, y de los cuales más del 76% como media no superaron la concentración de 1 grano/m³. Este porcentaje fue menor en los años 2000 y 2001, con un 40 y 54%, respectivamente (Fig4.112).

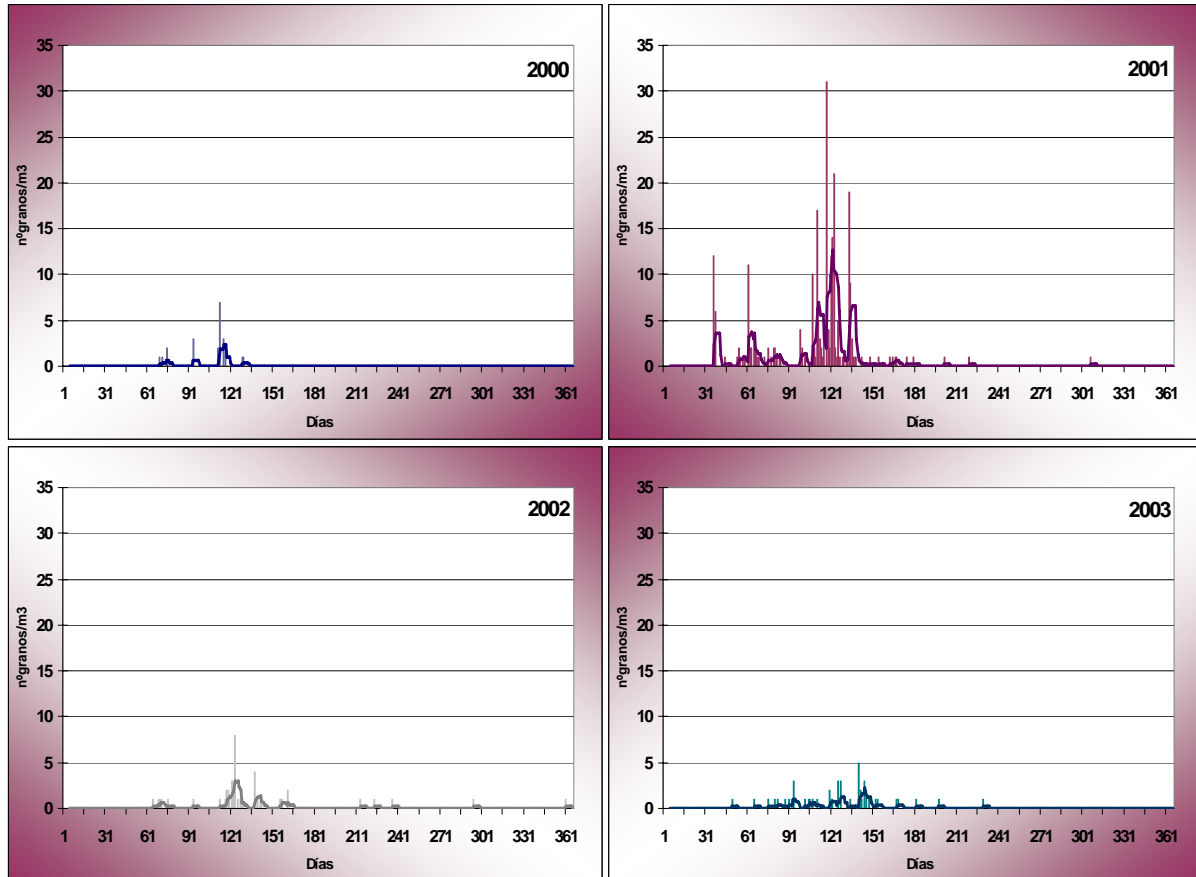


Fig.4.112. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Ericaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

El polen de Ericaceae probablemente procede de poblaciones típicas de matorral existentes en las sierras del entorno, no siendo frecuentes estas especies en las zonas cercanas al captador de polen. Los altibajos observados en las curvas de evolución estacional de los años estudiados posiblemente responden a la diferente época de floración de las diversas especies que forman parte de esta familia. Así, *Arbutus unedo* florece de noviembre a enero, mientras que *Erica arborea* lo hace en primavera. En ciudades como Málaga (Recio *et al.*, 2002c), Sevilla (Candau *et al.*, 2002b), Huelva (González-Minero *et al.*, 2002) o Vigo (Rodríguez-Rajo, 2000) también se detectaron fuertes oscilaciones en los índices polínicos anuales pudiendo pasar de niveles inferiores a los 50 granos/m³ hasta más de 500 granos/m³.

Se trata de una familia con polinización anfifila, siendo entomófila inicialmente para finalmente mediante la extensión de los filamentos estaminales que se hacen exertos, convertirse en anemófila. Por este motivo, las concentraciones detectadas en la atmósfera no llegan a ser elevadas y no suele tener demasiada importancia desde el punto de vista alérgico. Sin embargo, diversos géneros han sido citados por varios autores como causante de reacciones alérgicas (Sáenz, 1978; Lewis *et al.*, 1983; Osvath, 1991), habiendo encontrado una alta alergenicidad al polen de *E. arborea* en Estambul incluso a bajas concentraciones polínicas (Aytuğ & Güven, 1991).

4.2.3.13. Tipo *Fraxinus*

Morfología polínica



Polen 3-zonocolpado, a veces 4-zonocolpado, isopolar, con simetría radial. Circular en visión polar y de subcircular a elíptico en visión ecuatorial, de suboblado a prolado. Tamaño de pequeño a mediano. Aberturas simples de tipo colpo, con la intina engrosada formando oncus por debajo de las mismas y la membrana apertural psilada. Exina de 2-2,5 μm de grosor, con la sexina más gruesa que la nexina. Téctum parcial e infratéctum columelado. Superficie reticulada, con lúmenes irregulares de 1,2-1,3 μm y muros lisos.

Especies más frecuentes: *Fraxinus angustifolia* Vahl.

Variación estacional

El polen de *Fraxinus* es típicamente invernal, aunque se detectó desde finales del otoño hasta comienzos de la primavera. El índice polínico anual medio del periodo de estudio, ascendió a 57, lo que supuso tan solo un 0,1% del polen total. Mientras que los tres últimos años mostraron un índice anual similar, el año 2000 presentó un contenido polínico anual muy inferior, con menos del 9% del total del periodo muestreado (Fig.4.113).

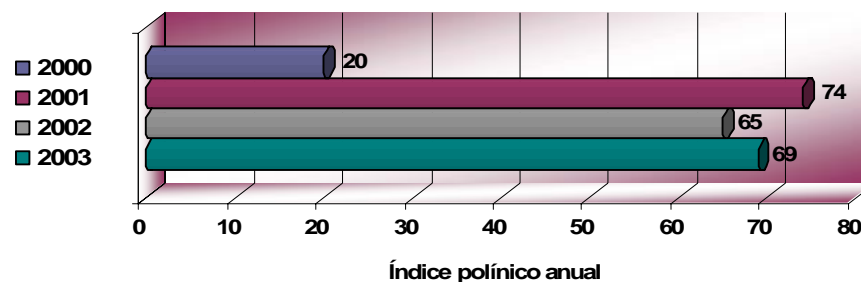


Fig.4.113. Índice polínico anual del tipo polínico *Fraxinus* para los años estudiados.

Durante los meses estivales, así como durante parte de la primavera y principios del otoño, las concentraciones son nulas o casi nulas, representando poco más del 1% del total anual, empezando a incrementarse en noviembre y prolongándose hasta abril.

El mes de máximas concentraciones es muy variable de un año a otro. Así, para el año 2000 fue diciembre con el 50% del total anual, mientras que para el año 2001 fue marzo, con el 32%. En el caso del año 2002, el mes de mayores índices polínicos fue febrero con el 31%, para terminar con el año 2003 donde la suma mensual más elevada correspondió a la del mes de noviembre con 20% de la suma anual de las concentraciones.

Si hallamos el valor medio para cada uno de los meses, observamos que enero y febrero fueron los meses donde por término medio se detectaron las mayores concentraciones, con una media en el índice polínico mensual de 15 (Fig.4.114).

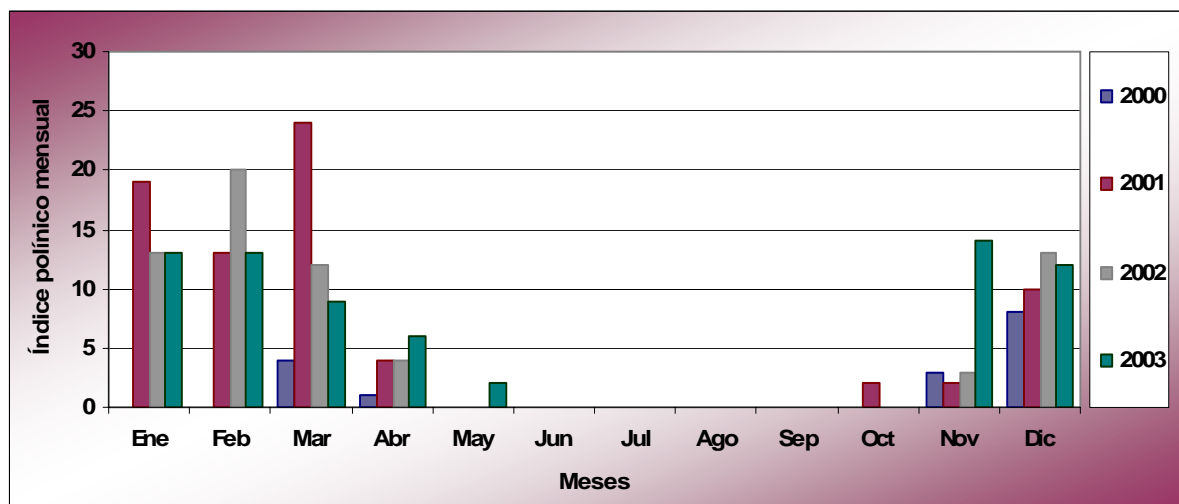


Fig.4.114. Índice polínico mensual del tipo *Fraxinus* durante los años 2000-2003.

Como se ha comentado anteriormente, el polen de tipo *Fraxinus* está presente en la atmósfera de Nerja desde finales del otoño hasta principios de la primavera aunque cabe destacar las bajas concentraciones medias diarias que se alcanzan. Así, de los 51 días al año, como media de los tres últimos años completos analizados, con presencia de polen, más del 77% correspondieron a días con concentraciones de 1 grano/m³.

El valor máximo alcanzado fue de 8 granos/m³ el día 15 de febrero de 2002, lo que representó el 12% del total anual, mientras que en los restantes años, los máximos fueron de 4 granos/m³ en los años 2001 y 2003 y de 2 granos/m³ en el año 2000 (Fig.4.115).

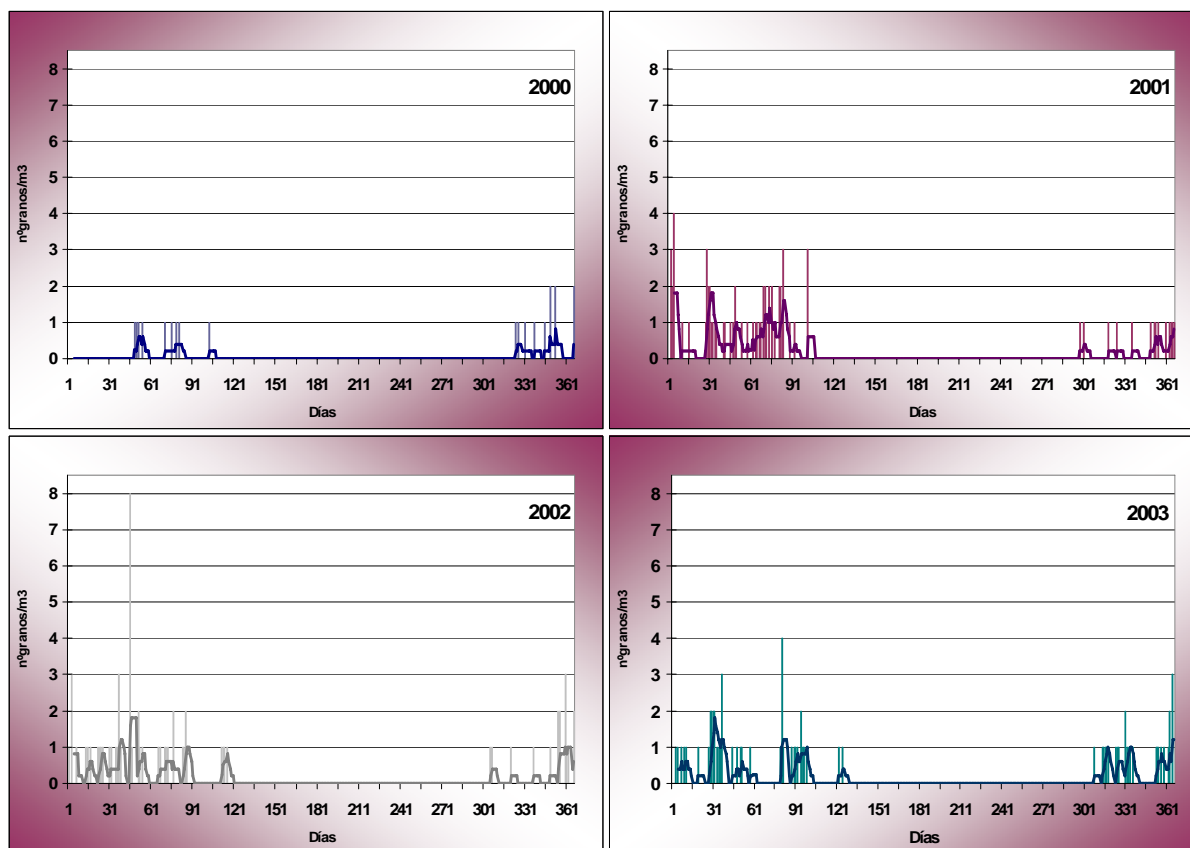


Fig.4.115. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Fraxinus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

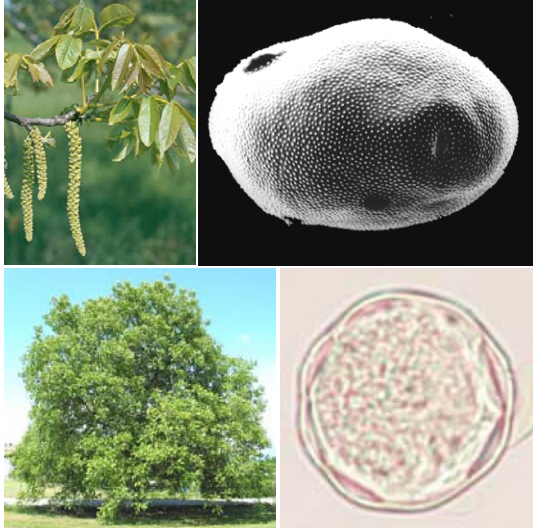
Comentarios y discusión

El polen de *Fraxinus* tiene escasa incidencia en la atmósfera de Nerja ya que se trata de plantas poco frecuentes en los alrededores de la estación de muestreo. Por lo tanto, creemos que los granos de polen detectados se deben al transporte a media distancia desde las sierras cercanas, en donde aparecen esporádicamente algunos fresnos junto a cauces de ríos y arroyos.

La aparición de este tipo polínico coincide con la descrita en otras provincias andaluzas, aunque mientras que en Málaga (Recio *et al.*, 2002c) o Cádiz (Candau *et al.*, 2002a) las concentraciones son similares, en otras capitales como Córdoba (Domínguez *et al.*, 1984) o Sevilla (Candau *et al.* 2002b) se registran niveles más elevados. Se trata de un género ampliamente extendido en el centro y norte de Europa, así como en el sureste de Galicia donde aparece frecuentemente formando parte de la vegetación de ribera (Jato *et al.*, 2004). En Suiza se ha establecido en 100 granos/m³ la concentración a partir de la cual se pueden desencadenar reacciones alérgicas (Gehrig & Peeters, 2000) y también ha sido descrito como importante alérgeno en otros países europeos como Holanda (Driessen & Derksen, 1989), presentando reactividad cruzada con otras oleáceas como los géneros *Olea* y *Ligustrum* (Subiza *et al.*, 1998; Conde *et al.*, 2002) que hace que pacientes alérgicos al polen de *Olea* reaccionen al polen de *Fraxinus*. Sin embargo, las bajas concentraciones detectadas en nuestra área de estudio, hace que la incidencia alérgica de este tipo polínico sea baja, a pesar de que en un estudio realizado en Málaga capital encontró un 20% de resultados positivos en prick test con extractos de *Fraxinus* (Burgos, 1991).

4.2.3.14. Tipo *Juglans*

Morfología polínica



Polen polipantoporado, heteropolar, asimétrico. Circular en visión polar y elíptico en visión ecuatorial, de suboblado a oblado. Tamaño mediano. Aberturas simples de tipo poro, de unos 3 μm de diámetro aproximadamente, que están bordeadas por un anillo. Exina de 2 μm de grosor en la mesosporia con la sexina tan gruesa como la nexina. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie psilada, con elementos escábridos densa y regularmente distribuidos por toda la superficie.

Especies más frecuentes: *Juglans regia* L. (ocasionalmente cultivada).

Variación estacional

Tipo polínico que aparece en la atmósfera de Nerja de forma esporádica durante la primavera, con un índice polínico anual medio de apenas 7 granos de polen para el periodo de muestreo, lo que escasamente representó el 0,01% del polen total.

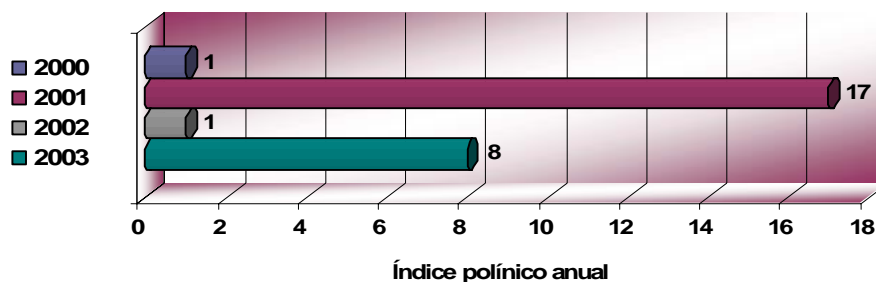


Fig.4.116. Índice polínico anual del tipo polínico *Juglans* para los años estudiados.

Durante los años pares se alcanzaron niveles casi inapreciables ya que no superaron el valor de 1 grano, mientras que en el año 2001 se registraron los mayores niveles, constituyendo el 63% del total (Fig.4.116).

Los años en los que hubo presencia de polen tipo *Juglans*, fueron los meses de abril y mayo, y especialmente en el primero, donde se concentraron los mayores índices mensuales, representando el 88 y 75% del total anual, respectivamente. En los restantes meses, la aparición de este tipo polínico ha sido anecdótica y puede ser considerada nula (Fig.4.117).

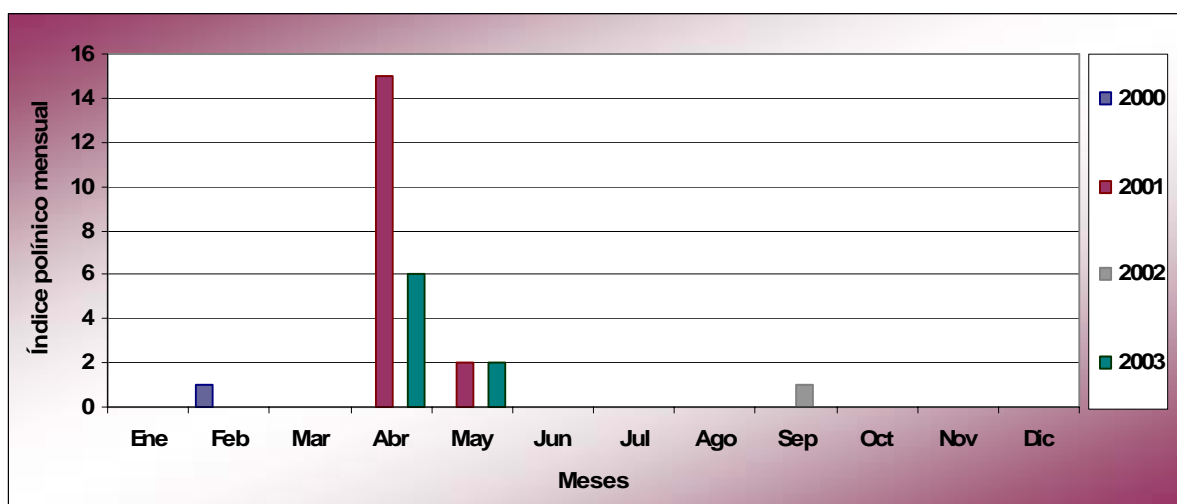


Fig.4.117. Índice polínico mensual del tipo *Juglans* durante los años 2000-2003.

La aparición de polen de *Juglans* se produjo principalmente en primavera, dando comienzo a principios de abril y detectándose granos de polen hasta la primera quincena de mayo.

Sin embargo, la detección de este tipo polínico no fue continua ya que en el periodo muestreado se contabilizaron únicamente 5 días con presencia de polen como media al año, valor que osciló entre tan solo 1 día en los años 2000 y 2002 y 13 en el año 2001.

El nivel máximo diario alcanzado fue de 3 granos/m³ en el año 2001, el día 10 de abril, lo que a pesar de la baja concentración que ello supuso, representó un 17,6% del total anual. En el caso del año 2003, el valor máximo fue de 2 granos/m³, conteniendo en un sólo día el 25% de la concentración anual de dicho año (Fig.4.118).

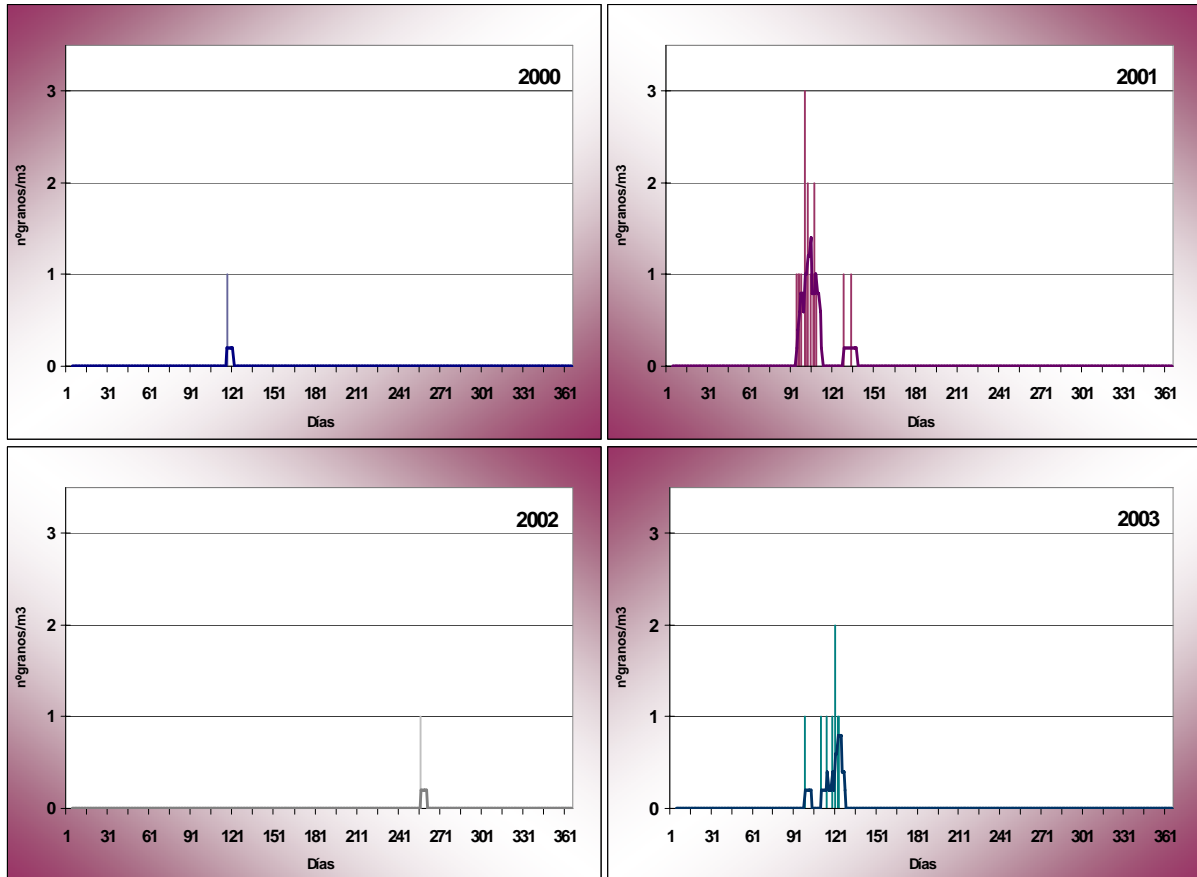


Fig.4.118. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Juglans* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Como ya se ha comentado anteriormente, la presencia de polen de *Juglans* en la atmósfera de Nerja es muy esporádica, debido a que no es un árbol muy común en el área de estudio. Probablemente, los granos de polen detectados procedan de los escasos ejemplares que aparecen cultivados en algunos cortijos y casas de campo de los alrededores.

Aunque en algunas ciudades del norte de España como Orense presentan concentraciones algo mayores, apenas superan un índice polínico anual de 20 (Méndez *et al.*, 2002).

Su alergenicidad está escasamente estudiada, aunque ha sido clasificado con capacidad alergénica media (Güvensen & Öztürk, 2002) y descrito como alergógeno por Sáenz (1978) y Chapman (1986).

4.2.3.15. Tipo *Ligustrum*

Morfología polínica



Polen 3-zonocolporado (colporoidado), isopolar y radiosimétrico. Circular en visión polar y de subcircular a ligeramente elíptico en visión ecuatorial. Tamaño mediano. Aberturas compuestas, con ectoaberturas de tipo colpo, subterminales y endoaberturas de tipo poro, difusas y no siempre apreciables. Exina gruesa, de 3-4 μm , con columelas también gruesas. Superficie reticulada, con lúmenes anchos de hasta 5 μm de diámetro y muros psilados.

Especies más frecuentes: *Ligustrum lucidum* Aiton, *L. ovalifolium* Hassk. (cultivadas como ornamentales).

Variación estacional

Se trata de un tipo polínico típicamente estival cuyas concentraciones han variado mucho de unos años a otros. Para estos cuatro años se calculó un índice polínico anual medio de 35, lo que correspondió al 0,06% del polen total registrado en la atmósfera de Nerja.

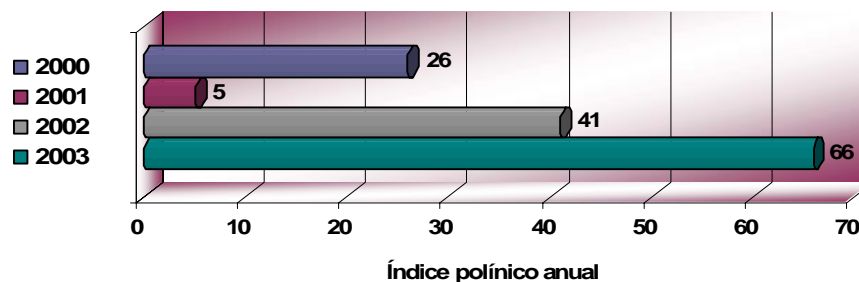


Fig.4.119. Índice polínico anual del tipo polínico *Ligustrum* para los años estudiados.

En los dos últimos años de muestreo se registraron unas concentraciones mucho más elevadas que en los primeros, especialmente en relación con el 2001, que sólo representó el 3,6% del contenido total del periodo de estudio, mientras que el año 2002 y 2003 contribuyeron con el 29,7 y 47,8%, respectivamente (Fig.4.119).

El mes de julio fue el que presentó un mayor número de granos de polen tanto en el año 2002 como en el año 2003, suponiendo un 46,3 y un 90,9% del total anual de este taxon, respectivamente. Para los años 2000 y 2001, los niveles mensuales fueron menores, alcanzando los máximos índices en los meses de mayo y junio, respectivamente, con valores de 9 y 4. Los meses comprendidos desde mayo hasta agosto, ambos inclusive, representaron más del 91% como media del contenido total anual (Fig.4.120).

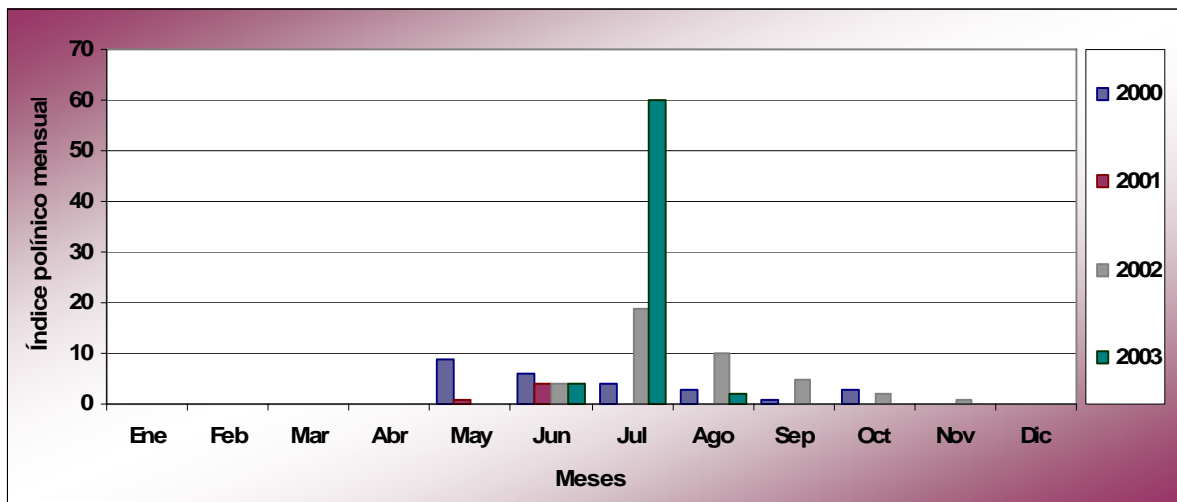


Fig.4.120. Índice polínico mensual del tipo *Ligustrum* durante los años 2000-2003.

El periodo de polinación fue muy variable de unos años a otros, estableciéndose la máxima concentración, por lo general, entre finales de primavera y principios de verano. La duración, así como el número de días con presencia de polen también experimentó grandes cambios en los diferentes años, oscilando entre los 4 días en el año 2001 y los 37 en el año 2002 y que estuvieron repartidos en un periodo de tiempo que varió entre unos dos meses aproximadamente (2001 y 2003), hasta su prolongación durante todo el periodo estival y comienzos del otoño.

El nivel máximo alcanzado en todos los años fue de 2 granos/m³, excepto para el 2003 donde se superaron los 50 granos/m³ como media diaria el día 1 de julio (77,3% de la suma anual). Cabe destacar que fue un fenómeno puntual ya que durante el resto del periodo se detectaron índices similares a los restantes años, con un 83,2% como media de los días con polen que no superaron el valor de 1 grano/m³.

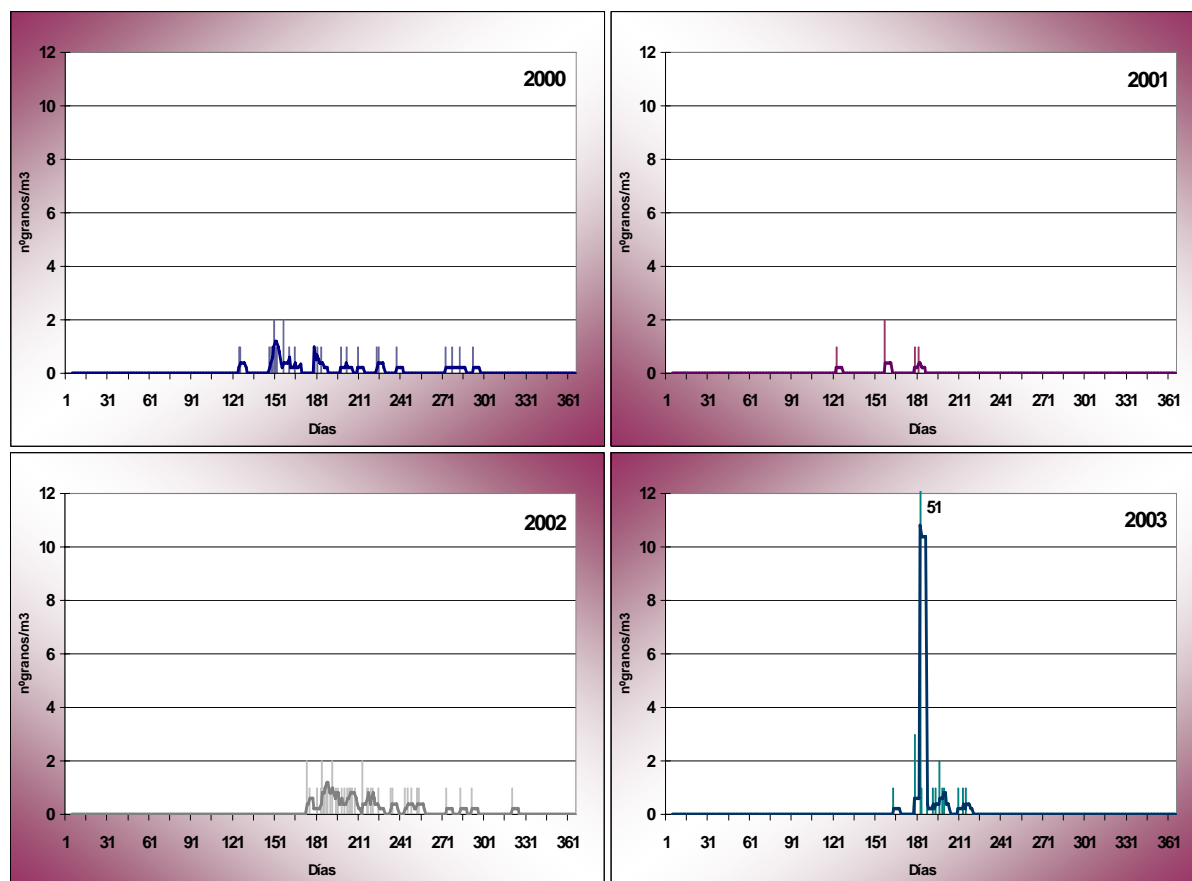


Fig.4.121. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Ligustrum* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Los aligustres son plantas ornamentales frecuentes en el área de estudio y, al igual que en otras localidades cercanas, su presencia en la atmósfera suele ser esporádica ya que presentan polinización entomófila.

En localidades cercanas como Málaga (Recio *et al.*, 2002c; 2004) o Cádiz (Candau *et al.*, 2002a; 2004a) se detectaron niveles similares a los registrados en Nerja, aunque los índices polínicos anuales dependerán en gran medida de la presencia de esta planta en las zonas ajardinadas próximas al captador de polen y del régimen de podas. El pico de concentración puntual aparecido en el año 2003 se debió a un conglomerado de granos de polen impactado en la cinta de melinex® el día 1 de julio a las 18h.

Como sucede con el género *Fraxinus*, el polen de *Ligustrum* presenta reactividad cruzada con otras Oleáceas (Subiza *et al.*, 1998; Conde *et al.* 2002), aunque su menor capacidad alérgica junto con su rara presencia en el aire hace que aparezcan síntomas alérgicos sólo en situaciones de exposición local (D'Amato *et al.*, 1988).

4.2.3.16. Tipo *Morus*

Morfología polínica



Polen 2-3-zonoporado, isopolar, con simetría radial. Circular a ligeramente elíptico en corte óptico. Tamaño de pequeño a mediano. Aberturas simples de tipo poro, generalmente opuestas, de aproximadamente 3 μm de diámetro, con opérculo granuloso. Exina delgada de 0,6-1 μm de grosor, con sexina algo más gruesa que la nexina. Téctum completo e infratéctum con columelas apenas marcadas. Superficie granulada.

Especies más frecuentes: *Morus alba* L., *M. nigra* L. (ocasionalmente cultivadas).

Variación estacional

Este tipo polínico se detectó fundamentalmente a finales de invierno y principios de primavera. Durante todo el periodo estudiado sólo se registró un índice polínico medio de tan solo 10, lo que apenas supuso un 0,02% de la concentración de polen total. En todos los años se detectaron niveles similares oscilando entre el 21 y el 29% del total de los cuatro años (Fig.4.122).

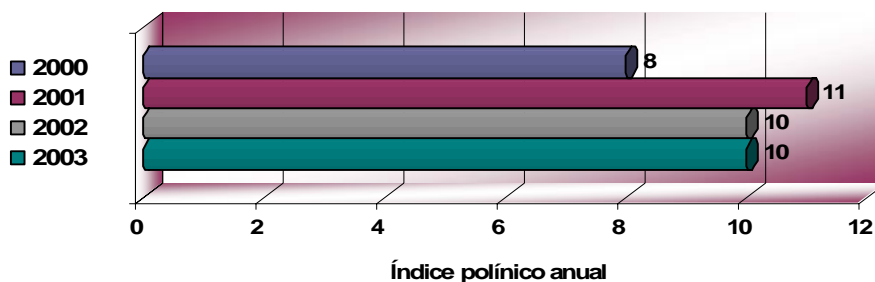


Fig.4.122. Índice polínico anual del tipo polínico *Morus* para los años estudiados.

En la atmósfera de Nerja únicamente se detecta la presencia de granos de polen de tipo *Morus* durante los primeros cuatro meses del año, siendo los meses de marzo y abril donde se alcanzan los mayores índices mensuales con más del 83% como media del polen anual. Los porcentajes oscilaron de unos años a otros y mientras que marzo registró más del 83% del polen anual en el año 2000, en el caso del año 2003 fue abril el que registró el 70% del polen anual (Fig.4.123).

Sin embargo, cabe mencionar que a pesar de ese elevado porcentaje logrado en los meses de marzo y abril, el índice polínico mensual fue muy bajo, ya que el valor máximo obtenido fue de 7. En febrero, el índice polínico ascendió a tan solo 1 grano de polen encontrado en el año 2001 ya que en los restantes años las concentraciones en ese mes fueron nulas.

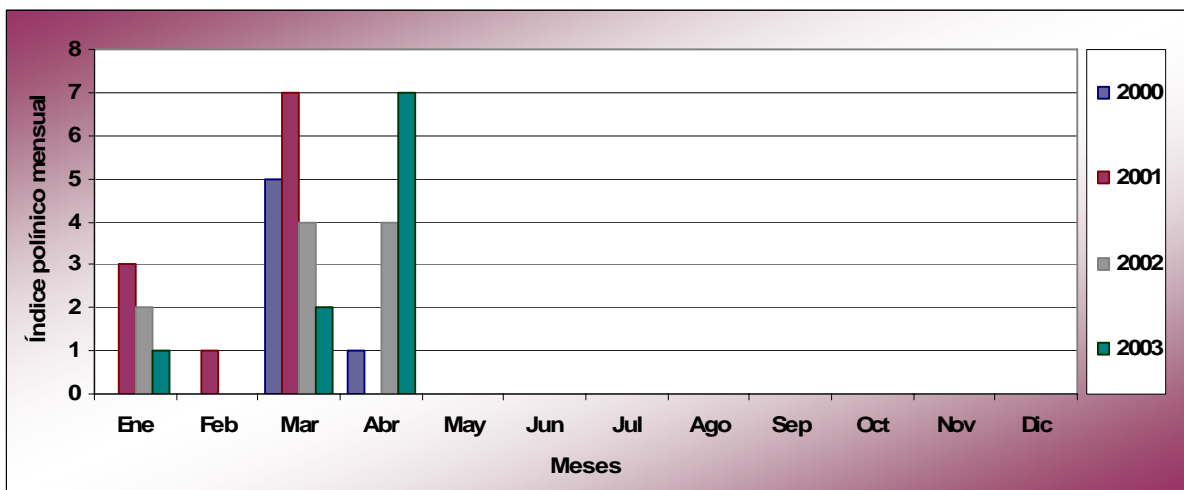


Fig.4.123. Índice polínico mensual del tipo *Morus* durante los años 2000-2003.

Este tipo polínico que aparece de forma esporádica durante parte del invierno y comienzos de la primavera en la atmósfera de Nerja, presentó durante los años estudiados concentraciones medias diarias que en ningún caso sobrepasaron los 3 granos/m³, máximo que fue detectado el día 4 de abril de 2002.

Durante el periodo de muestreo se registraron unos 9 días al año, como media, con presencia de polen de *Morus*, de los cuales, más del 90% como valor medio, alcanzándose incluso el 100% de los días en el año 2001, presentaron una concentración únicamente de 1 grano/m³ (Fig.4.124).

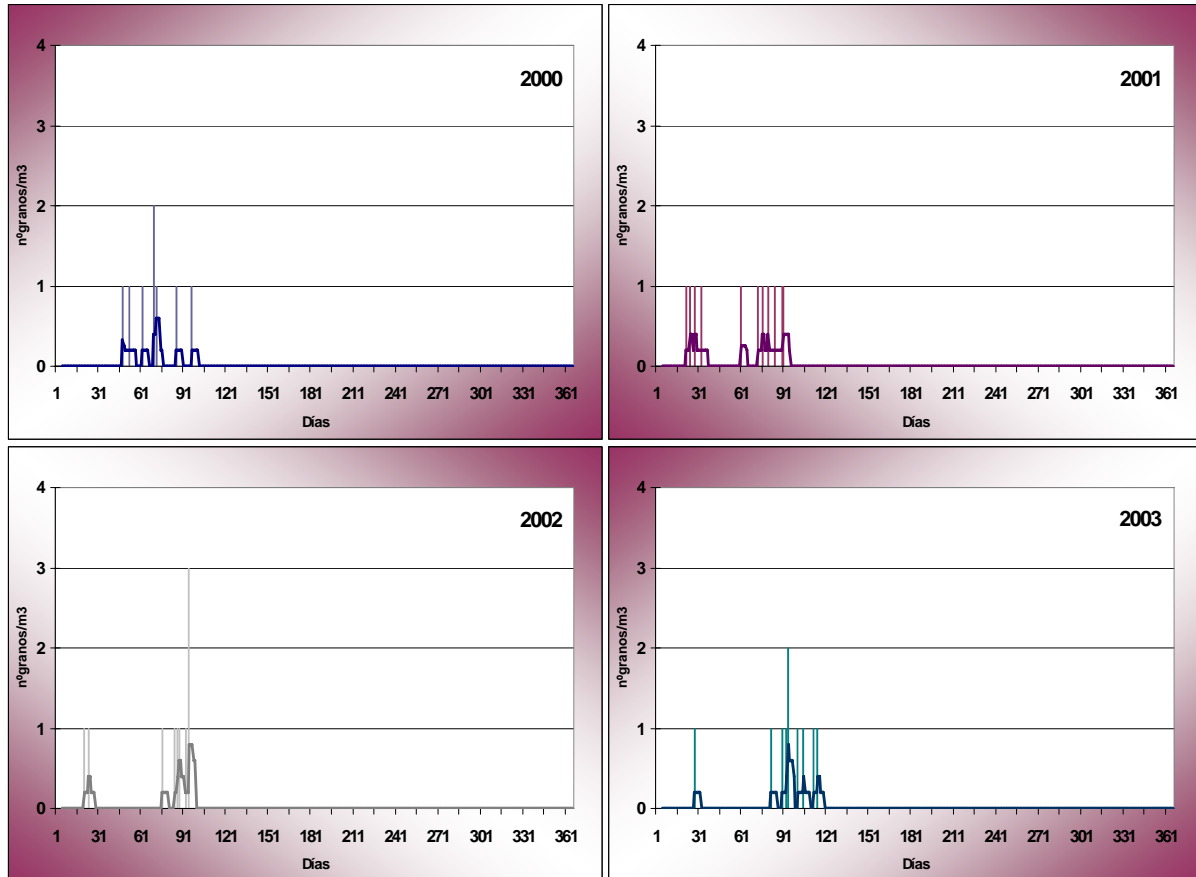


Fig.4.124. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Morus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

La presencia de polen de *Morus* en la atmósfera de Nerja, como ya se ha comentado anteriormente, es ocasional, ya que se trata de un género poco común en el área de estudio. Probablemente, los granos de polen detectados procedan de los escasos ejemplares que aparecen cultivados o utilizados con finalidad ornamental en jardines de viviendas circundantes.

Mientras que en Nerja y en Málaga capital (Recio *et al.*, 2002c; 2004) se detectaron niveles muy bajos, en otras ciudades como Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002; 2004) se obtuvieron índices polínicos anuales muy superiores, sobrepasándose un valor de 3.700 en el año 2001.

Este tipo polínico está clasificado con grado de alergenicidad medio (Levetin & Buck, 1980), siendo descrito como alergógeno por Sáenz (1978) y Gùvensen & Öztürk (2002) en Turquía, entre otros. En Málaga, un 3% de la población estudiada presentó prick test positivos a extractos de polen de *Morus* (Burgos, 1991).

4.2.3.17. Tipo Myrtaceae

Morfología polínica



Polen trizonosincolporado, isopolar, con simetría radial. Elíptico en visión ecuatorial y triangular en visión polar, angulaperturado. Oblado. De tamaño pequeño. Ectoaberturas de tipo colpo, muy largas y estrechas, ocupando los ángulos y fusionados en las zonas polares formando una amplia laguna triangular; endoaberturas de tipo poro. Membrana apertural psilada o escábrida. Exina de 1,5 μm de grosor, con sexina aproximadamente tan gruesa como la nexina. Téctum completo, muy delgado e infratéctum con columelas inapreciables. Superficie escábrida.

Especies más frecuentes: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *E. globulus* Labill., *Myrtus communis* L.

Variación estacional

Este tipo polínico se registra fundamentalmente en el periodo comprendido entre finales de primavera y comienzos de verano, con un índice polínico anual medio de 182 granos de polen, lo que supuso el 0,34% del polen total.

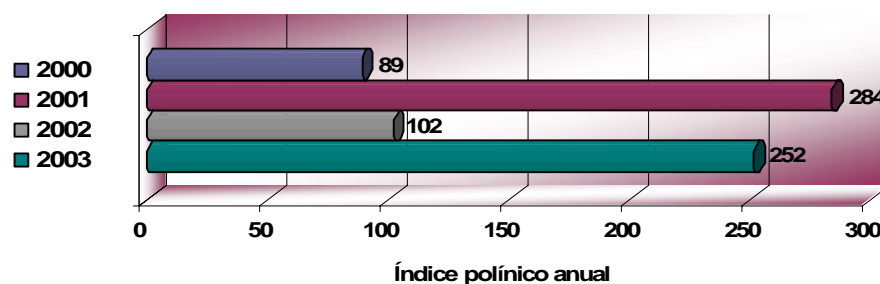


Fig.4.125. Índice polínico anual del tipo polínico Myrtaceae para los años estudiados.

Dentro de este tiempo de estudio, los años pares presentaron unas concentraciones anuales muy inferiores a las registradas en los años impares, reduciéndose su índice anual en más del 64% (Fig.4.125).

Las mayores cantidades de polen se concentran en los meses de junio y julio, contribuyendo con el 81% como media, al total polínico anual de este taxon. Mientras que para los tres primeros años de estudio fue julio el mes donde se alcanzaron los mayores niveles polínicos, con el 50% del contenido anual, en el caso del año 2003 fue el mes de junio, conteniendo el 49% del total del año.

En los restantes meses se observó la presencia de este tipo polínico, aunque en niveles que no sobrepasaron los 8 granos de polen como índice polínico mensual (Fig.4.126).

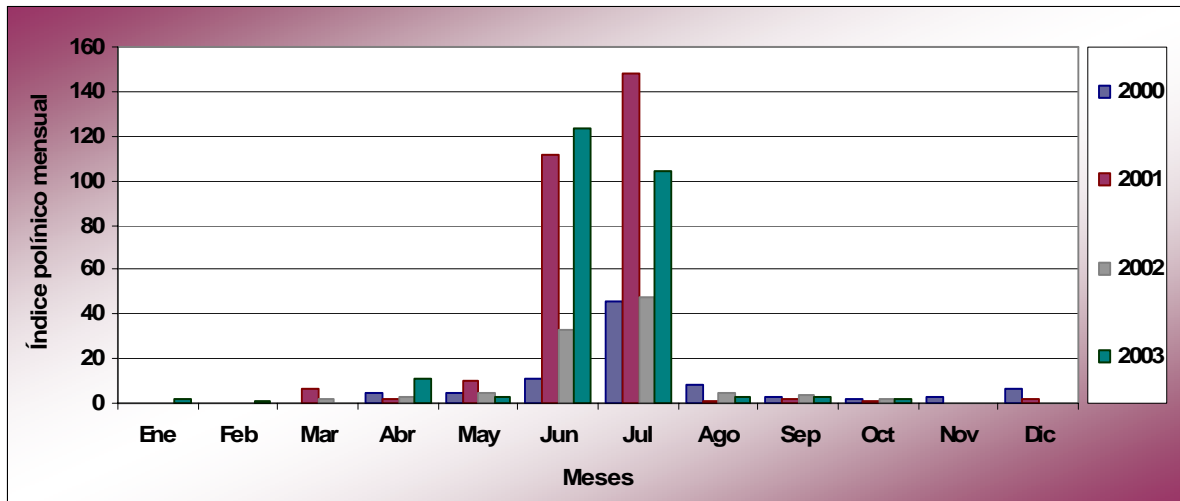


Fig.4.126. Índice polínico mensual del tipo Myrtaceae durante los años 2000-2003.

Este tipo polínico experimenta sus máximos niveles a comienzos del periodo estival, mostrando un comportamiento similar en los cuatro años de estudio, aunque a diferente escala. Así, los años 2001 y 2003 presentaron unos picos máximos de 23 y 26 granos/m³ como media diaria los días 30 y 26 de junio, respectivamente, mientras que los años 2000 y 2002 tuvieron picos de 6 y 8 granos/m³. A partir del día pico, las concentraciones comienzan a disminuir gradualmente hasta finales de julio o primeros días de agosto, donde los niveles se hacen mínimos (Fig.4.127).

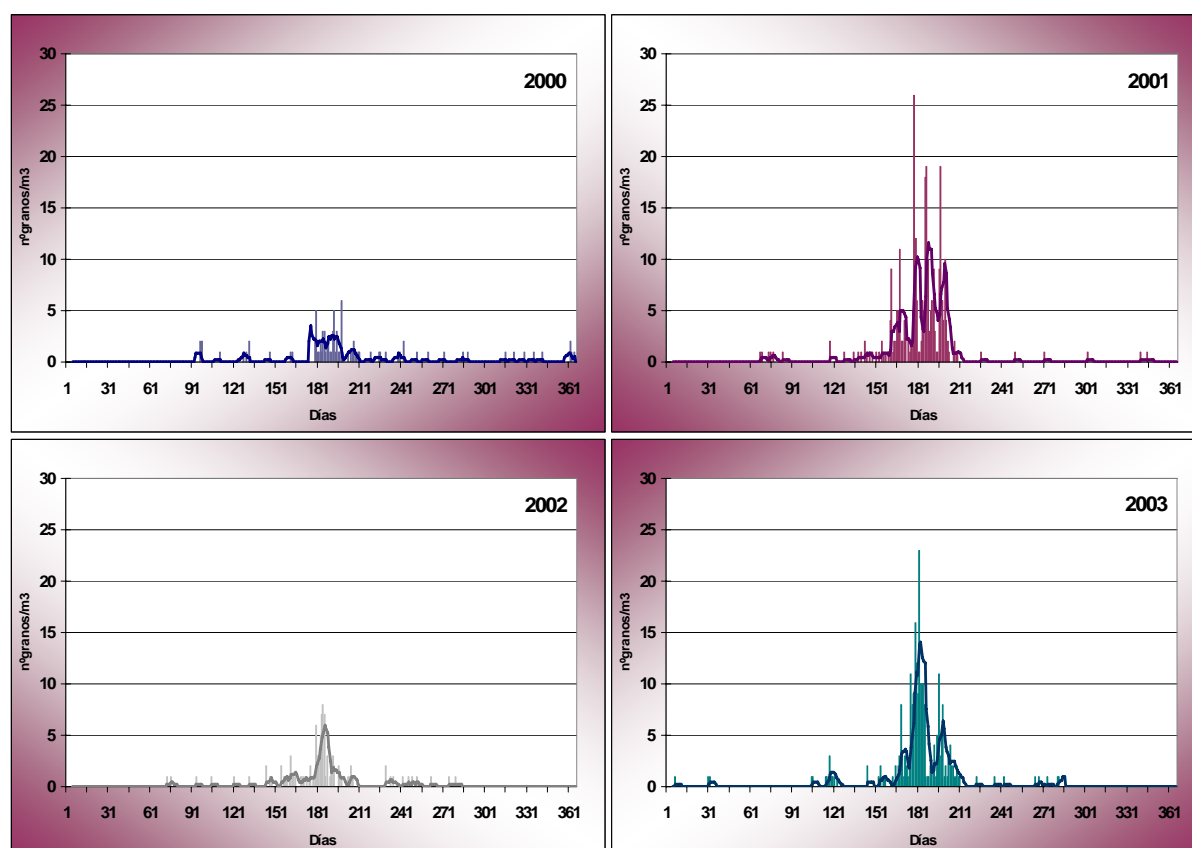


Fig.4.127. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Myrtaceae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Este taxon está representado por diversas especies propias del matorral presente en las sierras cercanas al punto de muestreo y por especies arbóreas introducidas, bien en cauces de ríos o manantiales, o como ornamental en jardines. Los mayores aportes de polen tienen origen en la especie natural del Mediterráneo *Myrtus communis* que florece de junio a agosto, aunque la presencia de varias especies de *Eucalyptus* en el área de estudio, también influye en las concentraciones detectadas. Entre éstas nos encontramos con la especie *E. camaldulensis*, ampliamente empleada en repoblaciones forestales o cultivo ornamental, que florece en junio y julio y *E. globulus* que puede ser la responsable de los pequeños picos en el último tercio de año por su floración otoñal.

En cuanto a lo que a índices polínicos anuales se refiere cabe destacar las oscilaciones producidas entre los años pares, con menor contenido de polen y los impares con índice más elevado. Este comportamiento coincide con el observado por Rodríguez-Rajo (2000) en Vigo, aunque en esta ciudad los meses con mayor índice mensual son marzo y abril y podría ser atribuido a un posible comportamiento bianual de este taxon. Las concentraciones encontradas en las diversas ciudades de la Península varían en gran medida, encontrándose niveles similares a los de Nerja en Cáceres (Paulino *et al.*, 2002), mientras que en otras localidades como Málaga (Recio *et al.*, 2002c; 2004) y Sevilla (Candau *et al.*, 2002b; 2004b) se alcanzan índices más elevados.

Ha sido citado como alergógeno por diversos autores como Lewis *et al.* (1983) y Boral & Bhattacharya (2000) en la India, apareciendo la especie *E. globulus* entre los árboles a evitar su cultivo en zonas urbanas (Lorenzoni-Chiesura *et al.*, 2000).

4.2.3.18. Tipo Palmae

Morfología polínica



Polen monoanulcado, heteropolar, con simetría bilateral. Elíptico, a veces subcircular, en vista polar y planoconvexo en visión ecuatorial. De suboblado a peroblado y tamaño generalmente mediano, a veces grande. Abertura simple de tipo sulco, recorriendo el eje mayor del polo distal. Exina de 2-3 μm de grosor, con sexina aproximadamente tan gruesa como la nexina. Tectum parcial e

infratectum columelado. Superficie psilada, perforada, foveolada o reticulada.

Especies más frecuentes: *Phoenix canariensis* Chavaud, *Ph. dactylifera* L., *Chamaerops humilis* L., *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl., *Washingtonia robusta* H. Wendl.

Variación estacional

Aunque este tipo polínico presenta los niveles más elevados durante los meses primaverales es posible detectarlo en la atmósfera de Nerja prácticamente durante todo el año. Durante el periodo de estudio se contabilizó un índice polínico anual medio de 249, lo que representó el 0,47% del contenido total de polen.

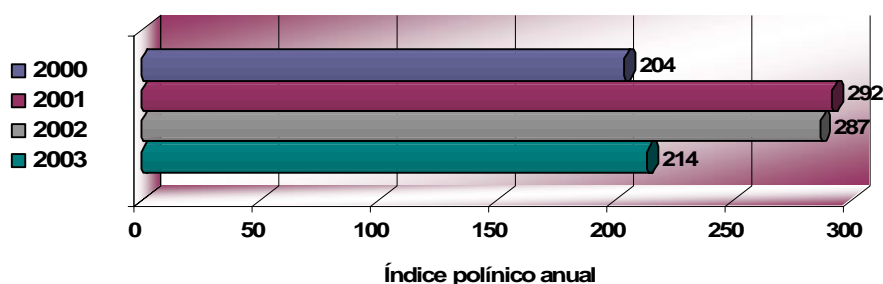


Fig.4.128. Índice polínico anual del tipo polínico Palmae para los años estudiados.

Mientras que los años 2001 y 2002 mostraron índices polínicos anuales mayores que los restantes años, con valores cercanos a 300, los años 2000 y 2003 contuvieron cantidades ligeramente inferiores, con un 28% menos de polen como media en relación con los anteriores (Fig.4.128).

Los meses de marzo, abril y mayo fueron los que presentaron los mayores índices polínicos mensuales, siendo abril el que mayores registros alcanzó en los años 2001, 2002 y 2003, con el 30% como media del total anual de este tipo polínico. En relación con el año 2000, el mes que mostró el mayor porcentaje polínico fue marzo, con el 22%. En los restantes meses, las concentraciones detectadas fueron menores, apenas superando en escasas ocasiones un índice de 20, aunque cabe mencionar que su presencia fue constante durante todo el año, por lo que a pesar de los bajos niveles existentes, el número de granos de polen hallados en dichos meses, constituyeron el 40% como media del total anual (Fig.4.129).

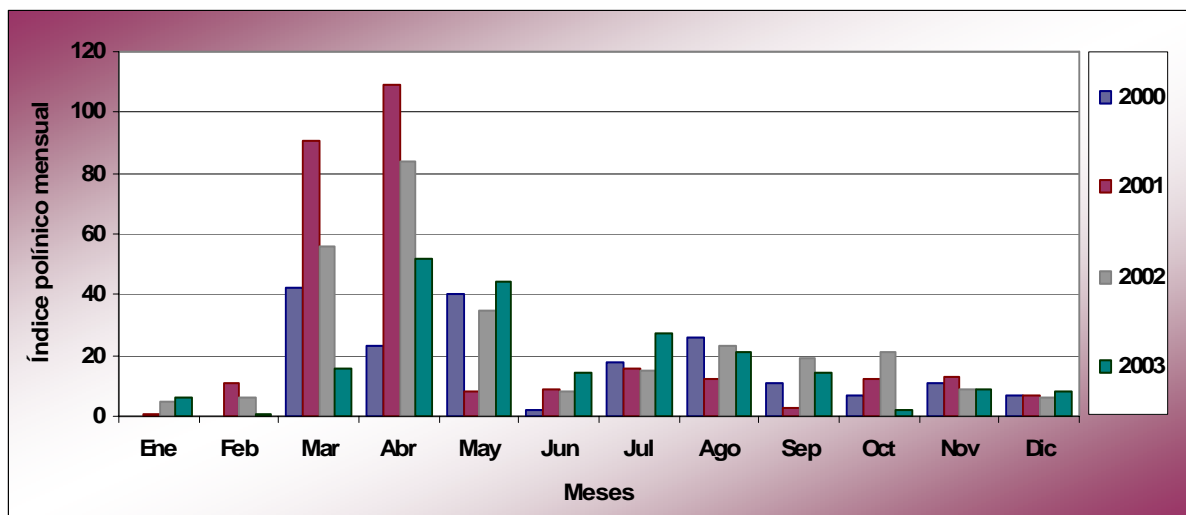


Fig.4.129. Índice polínico mensual del tipo Palmae durante los años 2000-2003.

Pudimos apreciar la presencia de este tipo polínico durante la mayor parte del año, aunque en concentraciones muy bajas, que sólo se incrementaron significativamente a principios de la primavera, apareciendo el pico máximo el día 25 de abril de 2001, con 21 granos/m³.

En pleno periodo estival se observó en la mayor parte de los años, si bien es cierto, que con mayor claridad en los años 2000 y 2003, otro pico de menor intensidad que no sobrepasó los 5 granos/m³ en el mejor de los casos. La media de los días con presencia de polen fue de 131, donde el 63% de los días como media registraron valores que no superaron el grano de polen por metro cúbico de aire (Fig.4.130).

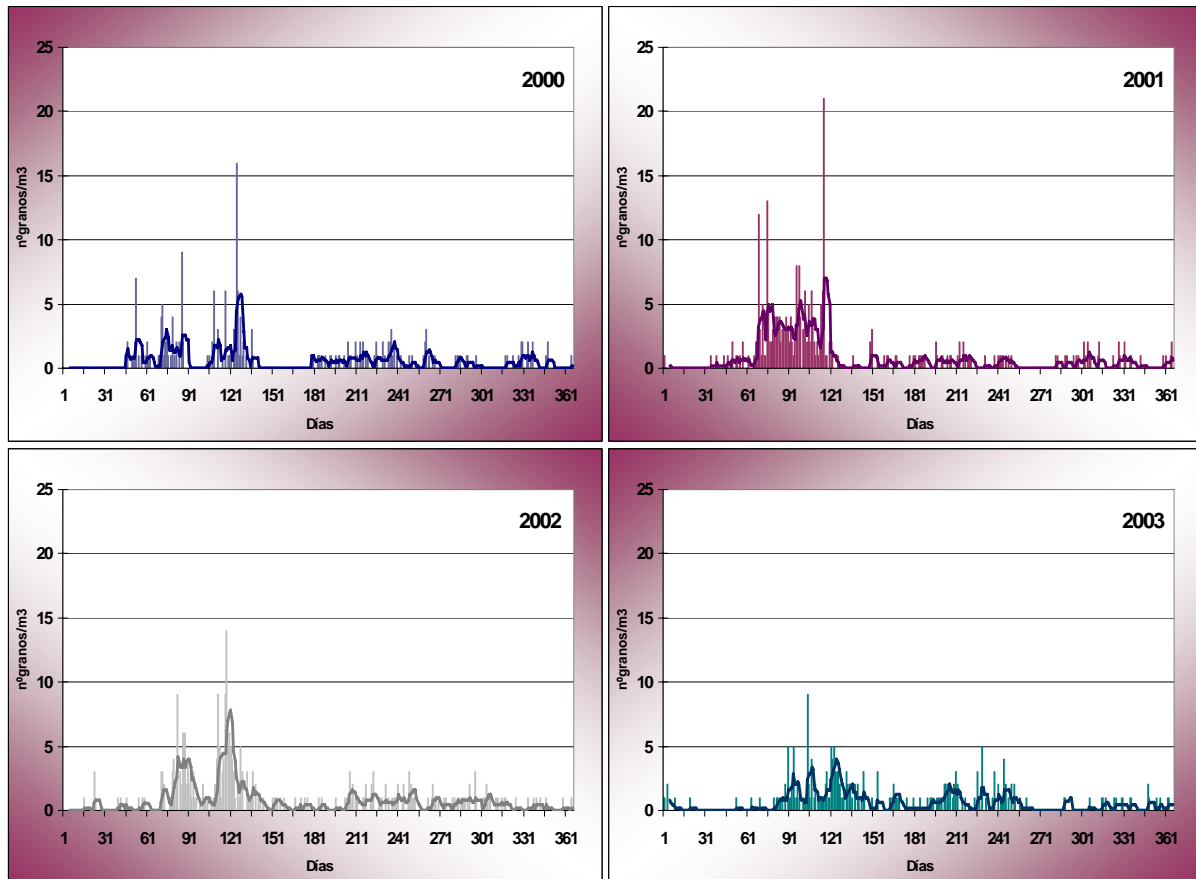


Fig.4.130. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Palmae (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Las palmeras son en su mayoría plantas ornamentales en el área de estudio, con un único representante autóctono: *Chamaerops humilis* (palmito) y que presentan floraciones escalonadas a lo largo del año, aunque con mayor intensidad a finales de invierno (marzo) o en primavera (abril-mayo), época que coincide con la floración del palmito.

En general, las concentraciones detectadas y el comportamiento estacional fueron similares en los cuatro años de estudio, con valores ligeramente más elevados en el año 2001. Los niveles hallados fueron parecidos a los de Málaga capital (Recio *et al.*, 2002c; 2004), mientras que en localidades cercanas como Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004) o Cádiz (Candau *et al.*, 2002a) se alcanzaron cantidades mucho mayores.

Autores como (Chakraborty *et al.*, 1996b) han estudiado su potencial alergénico mediante el análisis de las proteínas polínicas de varias especies, mientras que Sáenz (1978) ya lo describió como alergógeno, siendo catalogado en países como Egipto, donde existe una amplia presencia de este taxon, como un importante alérgeno (Radwan *et al.*, 2006).

4.2.3.19. Tipo *Parkinsonia*

Morfología polínica



Polen 3-zonocolporado, isopolar, con simetría radial. Circular en visión polar, a veces ligeramente lobulado. De subcircular a elíptico en visión ecuatorial. De oblado-esferoidal a prolado-esferoidal. Tamaño mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, con los extremos puntiagudos, terminales; endoaberturas de tipo poro, lalongadas. Exina de 1 mm de grosor, aproximadamente, con la sexina generalmente del mismo grosor que la nexina. Superficie reticulada con lúmenes redondeados, de unos 2 μm de diámetro que disminuyen de tamaño hacia la proximidad de las aberturas.

Especies más frecuentes: *Parkinsonia aculeata* L. (cultivada como ornamental)

Variación estacional

El polen de tipo *Parkinsonia* tiene escasa representación en la atmósfera de Nerja, contabilizándose tan solo 19 granos de polen en los cuatro años de estudio, lo que supuso un porcentaje inapreciable del polen total.

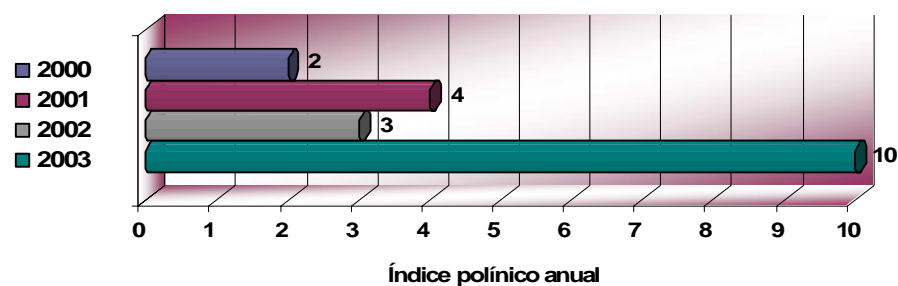


Fig.4.131. Índice polínico anual del tipo polínico *Parkinsonia* para los años estudiados.

A pesar de la insignificante cantidad de polen detectada, en el último año se apreció cierto incremento, aunque dada la baja concentración a la que nos estamos refiriendo no se puede considerar significativo (Fig.4.131).

Las mayores concentraciones se acumularon en los meses de junio, julio y agosto, los cuales contuvieron más del 82%, como media, de la suma total anual. Los meses de mayo, septiembre y octubre, sólo contaron con la presencia esporádica de 1 grano de polen (Fig.4.132).

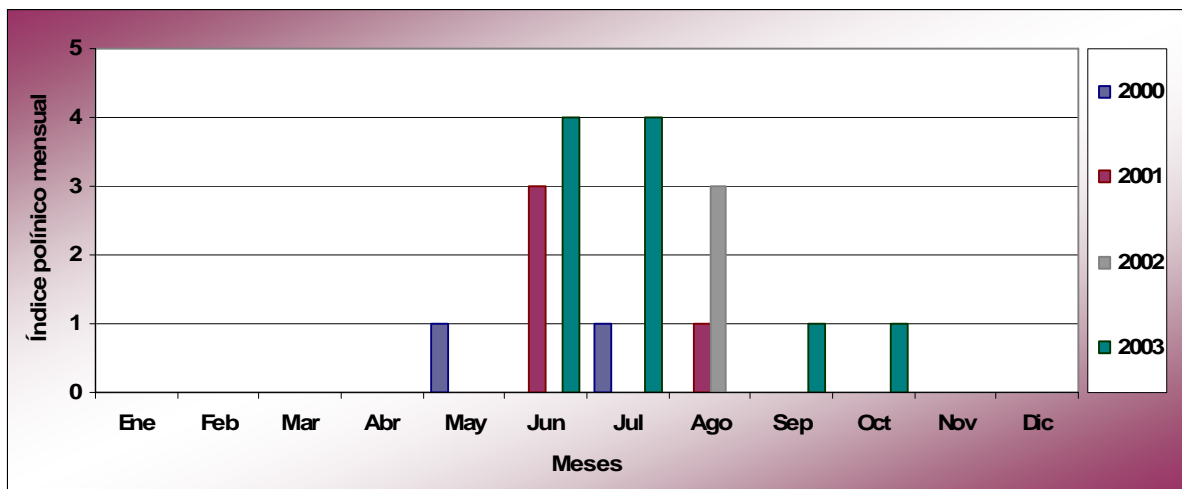


Fig.4.132. Índice polínico mensual del tipo *Parkinsonia* durante los años 2000-2003.

En cuanto a las concentraciones medias diarias, los escasos días en los que se detectó polen de *Parkinsonia* (un total de 19 días durante todo el periodo de muestreo) estuvieron concentrados en la época estival.

Los niveles diarios de este tipo polínico registrados en la atmósfera de Nerja presentaron valores que en ningún caso ascendieron por encima de 1 grano/m³ por lo que no fue posible el establecimiento de un pico máximo de concentración (Fig.4.133).

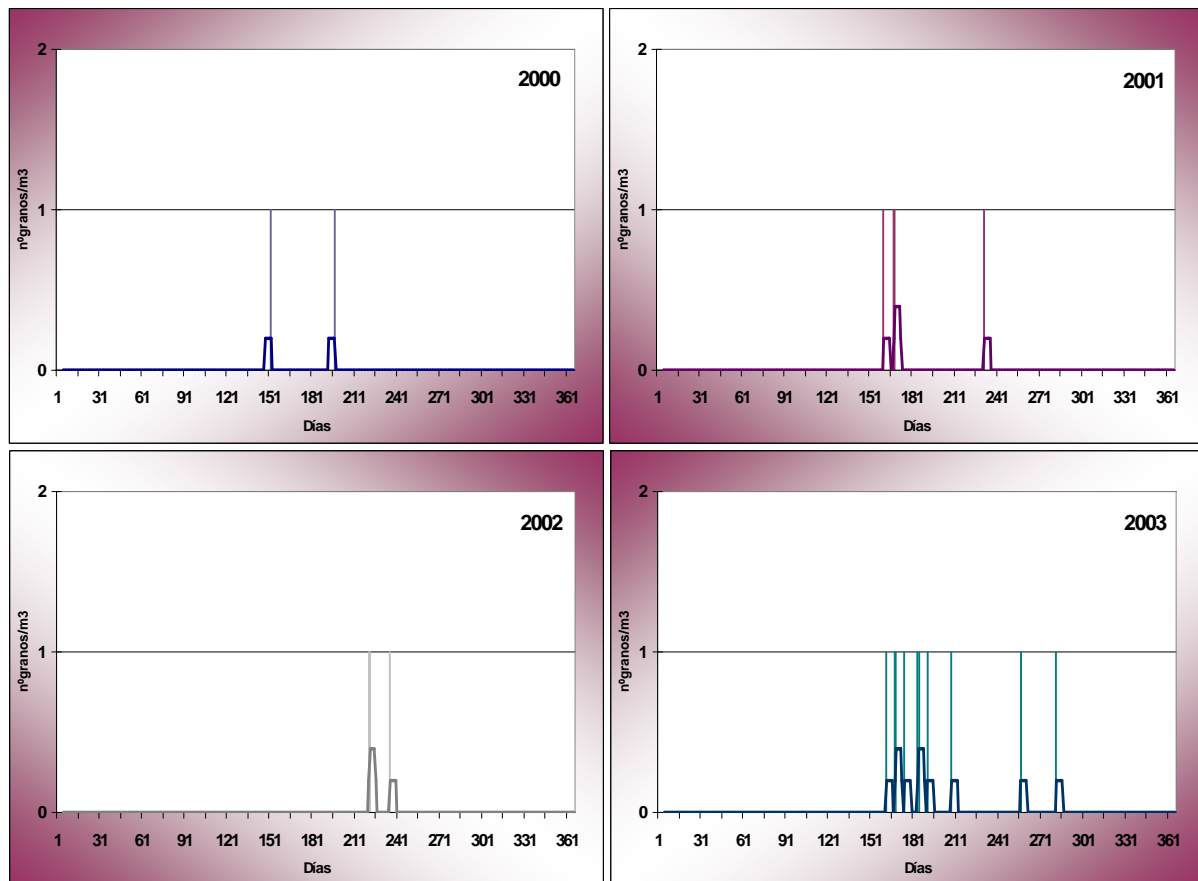


Fig.4.133. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Parkinsonia* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Como ya se ha comentado anteriormente, *Parkinsonia aculeata* es una especie ornamental de características típicamente entomófilas, cuyos granos de polen aparecen de manera esporádica en la atmósfera de las ciudades donde se cultiva debido a que sus flores están muy expuestas y la flexibilidad de las ramas hace que puedan ser fácilmente sacudidas por el viento.

Este tipo polínico ha sido escasamente citado en la literatura como polen aerovagante, siendo detectado en varios puntos de la provincia de Málaga tanto en la capital (Recio *et al.*, 2001) como en Antequera (Recio *et al.*, 2000) y Estepona (Toro, 1997) en concentraciones similares a las de Nerja, excepto en la ciudad de Málaga donde fueron más elevadas debido a la cercanía de varios ejemplares a la zona del captador.

Debido al carácter entomófilo y a la escasez de granos de polen hallados en la atmósfera, presenta escasa importancia alérgica, no habiéndose encontrado referencia alguna donde haya sido citado como polen alérgico.

4.2.3.20. Tipo *Pistacia*

Morfología polínica



Polen 4-pantoporado a poli-pantoporado, apolar, con simetría radial. De circular a elíptico en corte óptico. Tamaño de pequeño a mediano. Aberturas simples de tipo poro, de unos 3 μm de diámetro aproximadamente y a veces con un anillo poco marcado. Exina de 1-1,5 μm de grosor en la mesoporia, con sexina ligeramente más gruesa que la nexina. Téctum casi completo e infratéctum columelado. Superficie perforado-reticulada, con lúmenes irregulares y gránulos sobre los muros.

Especies más frecuentes: *Pistacia lentiscus* L., *P. terebinthus* L.

Variación estacional

Tipo polínico que suele aparecer entre finales del invierno y comienzos de la primavera con un índice polínico anual medio de todo el periodo de estudio de 214, lo que representó el 0,4% del contenido de polen total.

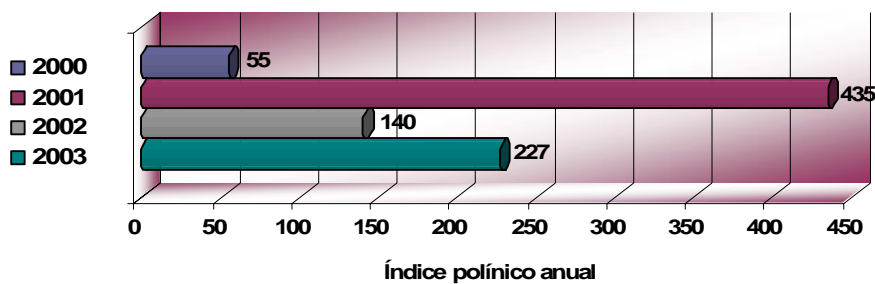


Fig.4.134. Índice polínico anual del tipo polínico *Pistacia* para los años estudiados.

Los años pares presentaron unas concentraciones inferiores a la de los años impares, siendo especialmente en el año 2001 cuando se registraron los mayores niveles, con el 51% del total. El año 2000 únicamente contuvo poco más del 6% del total, suponiendo tan solo algo más del 12% del polen registrado en el año 2001 (Fig.4.134).

Marzo, seguido por abril, fueron los meses en los que se registraron mayores índices polínicos mensuales, siendo marzo el que mostró mayores niveles polínicos en los tres primeros años con el 46% como media del total anual de este tipo polínico, mientras que en el año 2003 fue abril, mes que contuvo más del 74% como media del índice anual. De los restantes meses con presencia de polen, sólo el mes de mayo presentó niveles significativos con el 10% como media del contenido anual de polen de *Pistacia* (Fig.4.135).

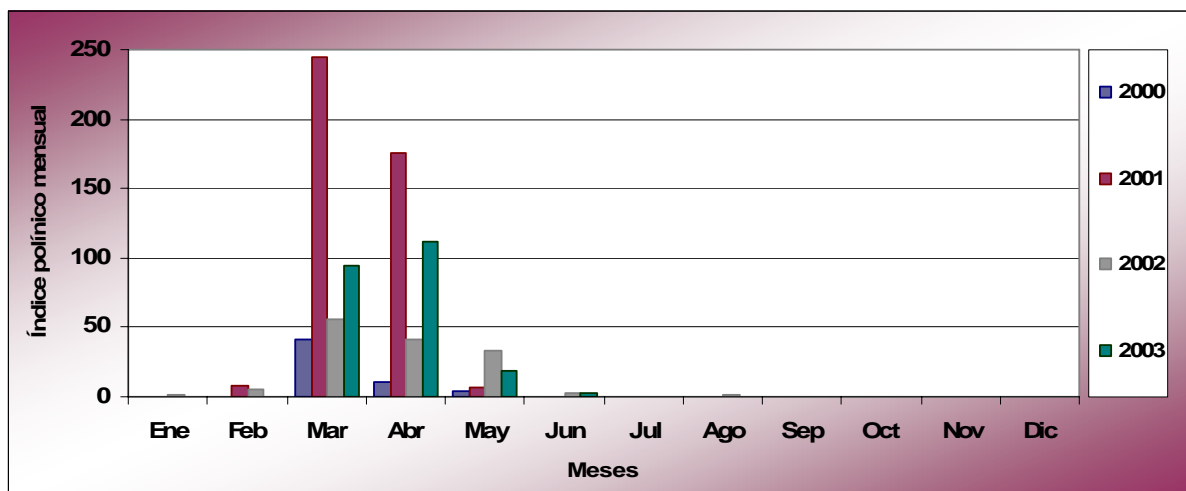


Fig.4.135. Índice polínico mensual del tipo *Pistacia* durante los años 2000-2003.

En cuanto a la distribución de los valores medios diarios, el polen de *Pistacia* aparece en la atmósfera de Nerja a finales del invierno para prolongarse hasta la primera mitad de la primavera. El número medio de días con polen en el periodo estudiado fue de 57 al año, en los que tanto la intensidad como la localización de los picos máximos registrados varió de unos años a otros, mostrando valores máximos desde 5 granos/m³, en el año 2000, hasta un pico de 43 granos/m³ el 24 de marzo de 2001 y que oscilaron desde la primera quincena de marzo en el año 2000 hasta la primera de mayo en el año 2002 (Fig.4.136).

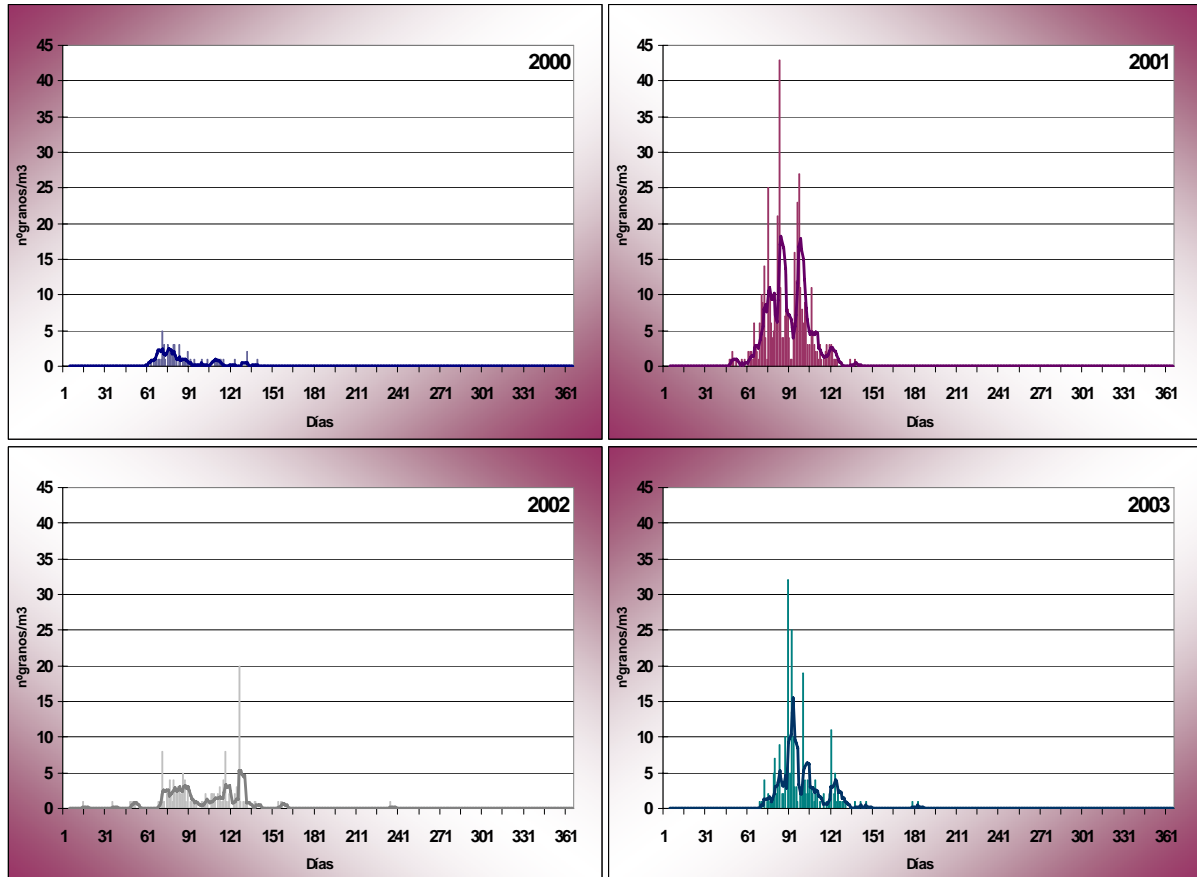


Fig.4.136. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Pistacia* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

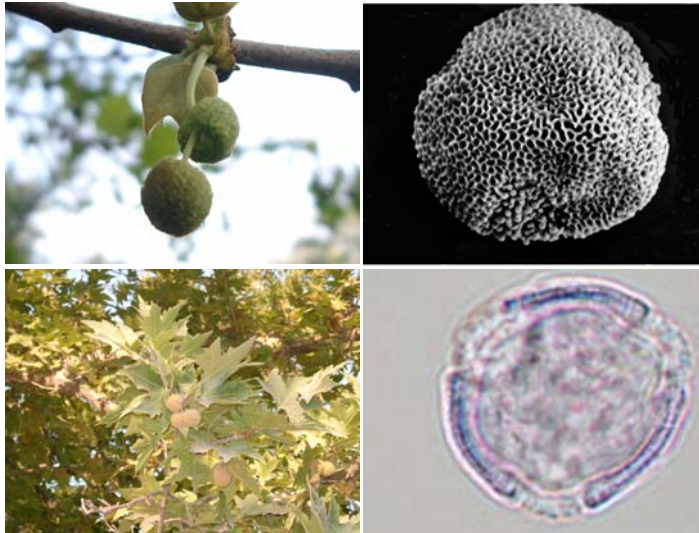
La mayor parte de las especies del género *Pistacia* se encuentran ampliamente distribuidas en el área mediterránea, formando parte de la vegetación natural, y apareciendo por lo tanto representadas en nuestra área de estudio como parte del matorral de las sierras próximas.

El periodo de floración coincide por el descrito por Keynan *et al.* (1987) en la zona este de la cuenca del Mediterráneo, con los máximos en los meses de marzo y abril. Este comportamiento es similar al de otras provincias y localidades de la Península situadas en la franja costera mediterránea como Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004), Almería (Sabariego *et al.*, 2002; De Linares *et al.*, 2004), Valencia (Tortajada & Mateu, 2002), Tarragona (Belmonte & Roure, 2002a) y Barcelona (Belmonte *et al.*, 2002), entre otras.

Este tipo polínico ha sido descrito como alérgico por Sáenz (1978), habiéndose encontrado reacciones alérgicas en pacientes de diversos países como Israel (Keynan *et al.*, 1987) y Croacia (Cvitanovic & Marusic, 1994). Asimismo, los antígenos de la especie *P. lentiscus* han sido analizados por Keynan *et al.* (1997).

4.2.3.21. Tipo *Platanus*

Morfología polínica



Polen trizonocolpado, isopolar, con simetría radial. De circular a ligeramente triangular en visión polar y de circular a ligeramente elíptico en visión ecuatorial. De suboblado a esferoidal. Tamaño pequeño. Aberturas simples de tipo colpo subterminales, anchos y con membrana apertural granulada. Exina de 2 μm de grosor e intina engrosada debajo de los colpos. Téctum parcial e infratéctum columelado. Superficie finamente

reticulada con lúmenes pequeños e irregulares.

Especies más frecuentes: *Platanus hybrida* Brot.

Variación estacional

El polen de *Platanus* se detecta en la atmósfera de Nerja fundamentalmente en la transición del invierno a la primavera. Durante los años de muestreo el índice de polen registrado fue de 86 de media, representando el 0,16% del polen total de ese mismo periodo.

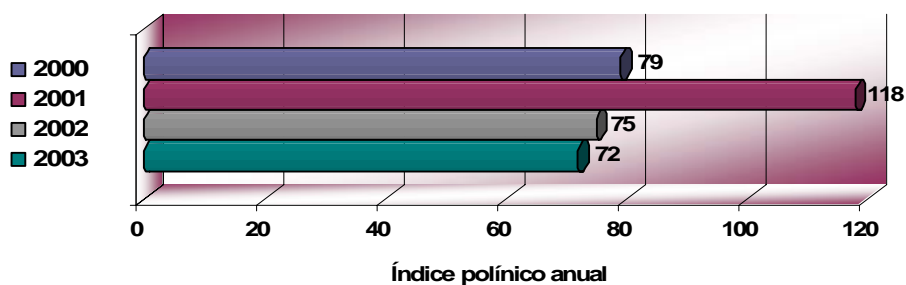


Fig.4.137. Índice polínico anual del tipo polínico *Platanus* para los años estudiados.

Todos los años mostraron un índice anual similar excepto el año 2001, en el que el número de granos de polen se incrementó en un 36 % como media en relación a los demás años (Fig.4.137).

Marzo fue, con diferencia, el mes del año en el que alcanzaron los mayores índices mensuales en todos los casos, con el 80% como media del total anual. De los restantes meses, sólo febrero, abril y de manera muy escasa mayo, tuvieron niveles superiores a cero (Fig.4.138).

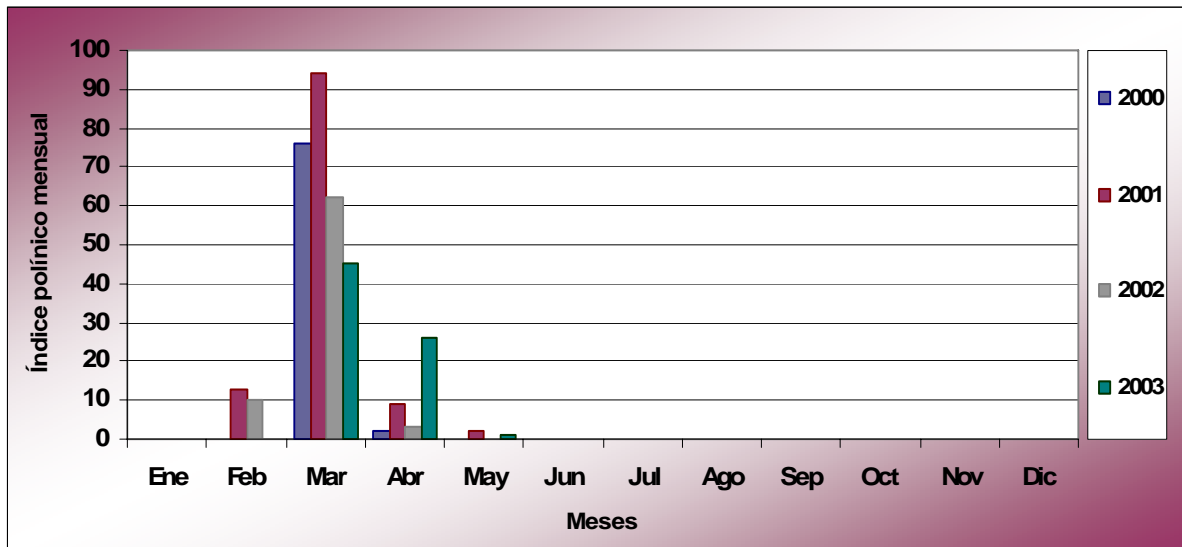


Fig.4.138. Índice polínico mensual del tipo *Platanus* durante los años 2000-2003.

En cuanto a los valores medios diarios, se observó una distribución bastante constante a lo largo de los años de estudio, con un periodo de máxima concentración que comenzó a finales del invierno, prolongándose hasta principios de la primavera.

El número medio de días con presencia de polen al año fue de 32, con un pico máximo de concentración que se produjo en todos los casos a lo largo del mes de marzo y cuyos valores oscilaron desde los 9 granos/m³ en el año 2002 hasta los 15 granos/m³ el día 16 de marzo del año 2003 (Fig.4.139).

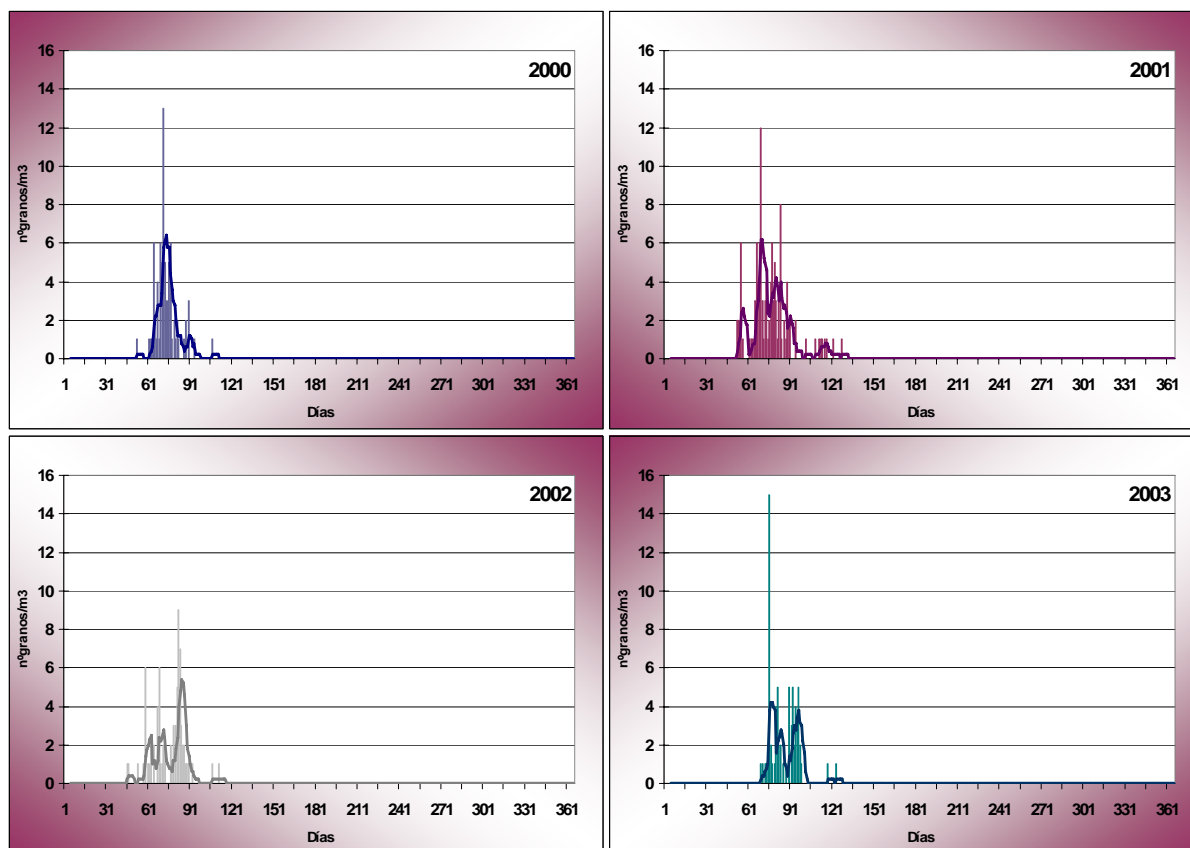


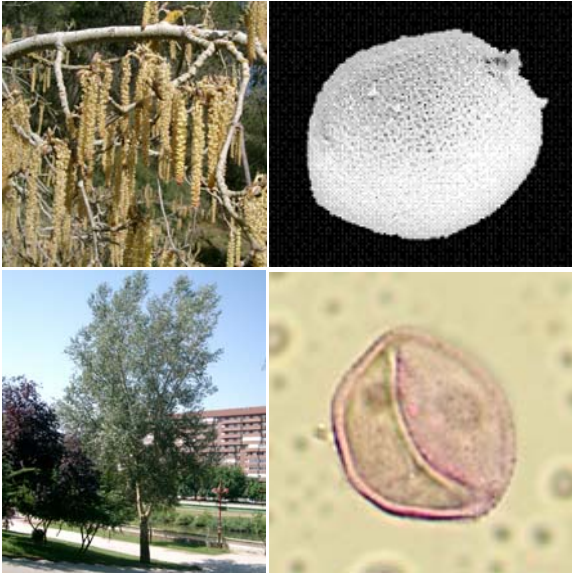
Fig.4.139. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Platanus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Platanus es un taxon ornamental muy común en gran número de países europeos como Francia, Italia, Suiza, Bélgica, Portugal y Gran Bretaña (Miranda, 2002), así como en países del continente americano tales como Estados Unidos (Lewis *et al.*, 1983) y Argentina (Nitiu & Mallo, 2002). Aunque este tipo polínico ha sido descrito como sólo ligeramente alergénico, necesitándose elevados niveles para producir alergias (Linskens & Cresti, 2000), al tratarse de una planta frecuentemente utilizada en jardines y paseos de zonas urbanas, el número de casos de alergia a este tipo polínico se ha visto incrementado en los últimos años tal y como describe Subiza *et al.* (1995) en un estudio realizado en Madrid, pasándose de un 2% de reacciones positivas en pruebas cutáneas a un 52% en 15 años. Así, Varela *et al.* (1997) ha citado el polen de *Platanus* como una importante causa de polinosis en Madrid, localizando su proteína alergénica más importante. En Málaga, Burgos (1991) encontró un 10% de prick test positivos entre pacientes atópicos. Por lo tanto, este taxon arbóreo está clasificado dentro del grupo de plantas a evitar en áreas públicas (Lorenzoni-Chiesura *et al.*, 2000). Aunque la época de polinación coincide con el de otras ciudades cercanas como Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002; Alcázar *et al.*, 2004) o Sevilla (Candau *et al.*, 2002b; Candau *et al.*, 2004b), los niveles de polen detectados en Nerja son muy inferiores, ya que su uso no es tan habitual. Sin embargo, en otros puntos de la Península como Madrid o en diversas ciudades catalanas como Barcelona presentan un PPP más largo, superándose en ésta última índices de polen anual de 20.000 y registrándose la presencia de este tipo polínico durante la mayor parte del año, especialmente a finales del verano por efecto de refluencia (Gabarra *et al.*, 2002).

4.2.3.22. Tipo *Populus*

Morfología polínica



Polen inaperturado, apolar, con simetría radial. Circular en corte óptico. Tamaño de pequeño a mediano. Exina de unas 2 μm de grosor, con sexina y nexina difíciles de diferenciar. Téctum parcial e infratéctum sin columelas aparentes. Superficie perforado-finemente reticulada, con lúmenes de menos de 1 μm y muros casi el doble de anchos que éstos y de forma irregular, a modo de rúgula.

Especies más frecuentes: *Populus alba* L., *P. nigra* L.

Variación estacional

Este tipo polínico, que aparece durante la segunda mitad del invierno, registró durante el periodo de estudio un índice polínico anual medio de 131, lo que supuso un 0,25% del polen total registrado.

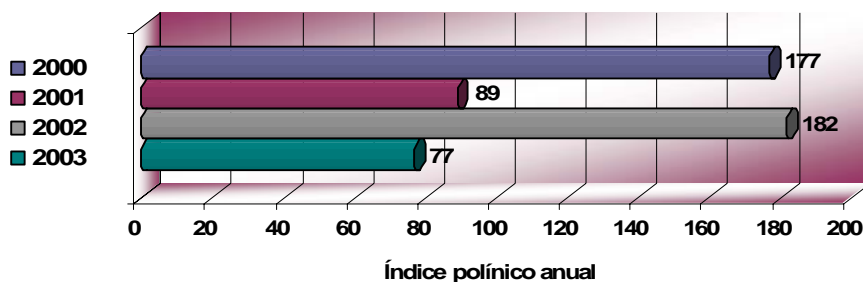


Fig.4.140. Índice polínico anual del tipo polínico *Populus* para los años estudiados.

Durante los años pares se detectaron unos índices anuales muy superiores al de los años impares, en los que se alcanzaron un 54% menos de polen en relación con los anteriores (Fig.4.140).

Aunque se observó la presencia de polen de *Populus* durante el otoño y principios del invierno, no fue hasta febrero cuando se incrementaron los niveles de este polen en la atmósfera, siendo junto con marzo, los meses con los índices polínicos mensuales más elevados.

En el mes de marzo se obtuvieron las mayores cantidades de polen en todos los casos con el 73% como media del contenido total anual de este tipo polínico. Los restantes meses, a excepción de febrero, presentaron valores mensuales mínimos que no superaron el 9% como media del total anual (Fig.4.141).

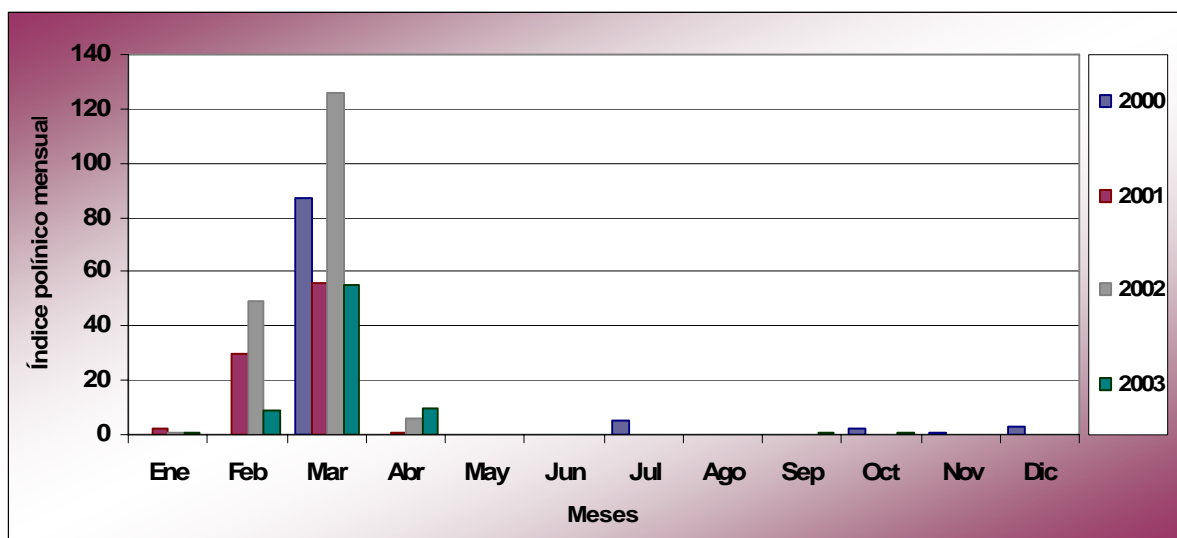


Fig.4.141. Índice polínico mensual del tipo *Populus* durante los años 2000-2003.

Este tipo polínico aparece en la atmósfera de Nerja fundamentalmente durante la segunda mitad del invierno, adentrándose brevemente en el periodo primaveral.

La media de días al año con polen de *Populus* fue de 41, mientras que la concentración media diaria más elevada se localizó en todos los años en marzo y osciló desde los 9 granos/m³ en el año 2003 hasta los 22 granos/m³ en el año 2000, suceso que aconteció el día 5 de marzo (Fig.4.142).

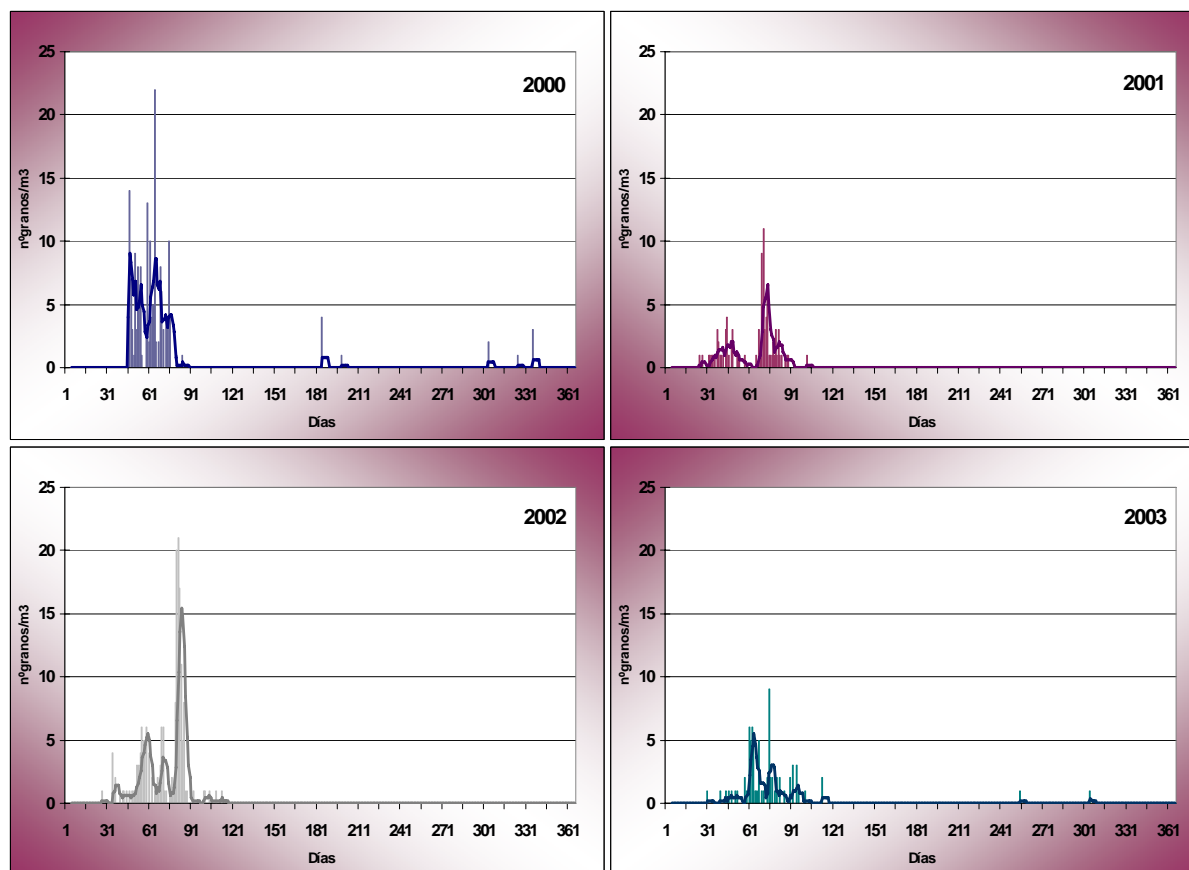


Fig.4.142. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Populus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

El género *Populus* no es un taxon muy habitual en las cercanías del punto de muestreo, de modo que su polen, con escasa incidencia en la atmósfera de Nerja, probablemente tenga su origen en las sierras circundantes, donde aparecen de manera esporádica algunos ejemplares junto a cauces de ríos y arroyos. Los niveles alcanzados en otras localidades cercanas como Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), Málaga capital (Recio *et al.*, 1996b) y Antequera (Recio *et al.*, 2000) fueron similares a los detectados en Nerja.

Aunque se trata de un género relativamente frecuente en Europa y Estados Unidos, su polen está catalogado como de moderada capacidad alergénica (Güvensen & Öztürk, 2002), aunque existen diferencias en función la especie analizada ya que Aytuğ & Güven (1991) describió al polen de *P. alba* como altamente alergénico, mientras que el polen de la especie *P. nigra* presenta niveles incluso bajos (Lewis *et al.*, 1983).

Mientras que en países como Holanda (Driessen & Derksen, 1989) o Estados Unidos (Lewis *et al.*, 1983) el periodo de polinación principal se produce en los meses de marzo y abril, en Nerja, al igual que en otras ciudades del norte y del sur de la Península como Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002; Alcázar *et al.*, 2004), Murcia (Munuera *et al.*, 2002), Toledo (García-Mozo *et al.*, 2006) o Vigo (Rodríguez-Rajo, 2000), éste se adelanta un mes, aproximadamente.

4.2.3.23. Tipo *Ricinus*

Morfología polínica



Polen trizonocolporado, a veces tetrazonocolporado, isopolar, con simetría radial. De circular a subtriangular, angulaperturado en vista polar y elíptico en visión ecuatorial. De suboblado a subprolado. Tamaño mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, terminales y estrechas (menos de 1 μm de anchura), con extremos agudos y un estrecho margo. Endoaberturas de tipo poro, lalongadas, rectangulares. Membrana apertural granulada. Exina de aproximadamente 2 μm de grosor en la mesocolpia. Téctum completo e infratéctum columelado. Superficie perforada con lúmenes redondeados o alargados y elementos suprategtales granulados.

redondeados o alargados y elementos suprategtales granulados.

Especies más frecuentes: *Ricinus communis* L.

Variación estacional

El tipo *Ricinus* aparece en la atmósfera de Nerja prácticamente durante todo el año, incrementándose su concentración ligeramente en primavera. El índice polínico anual medio de todo el periodo fue de 238, representando el 0,45% del polen total anual (Fig.4.143).

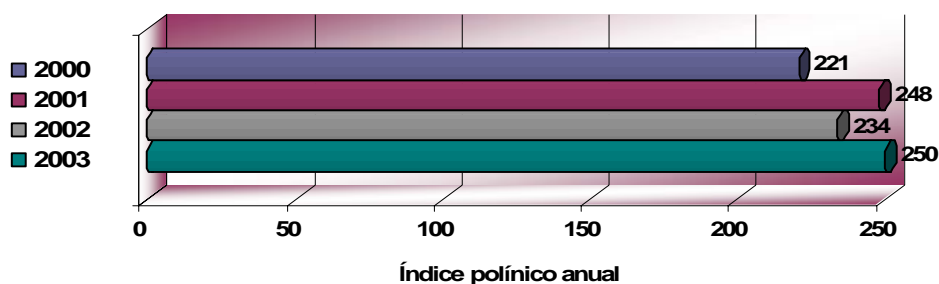


Fig.4.143. Índice polínico anual del tipo polínico *Ricinus* para los años estudiados.

Durante los cuatro años de muestreo se registraron índices anuales muy similares con una diferencia máxima de 29 granos de polen (3,1%).

Los meses comprendidos entre marzo y junio, ambos inclusive, son los que presentan los mayores índices polínicos mensuales, con el 70% como media del índice anual de este tipo polínico.

Sin embargo, cada año presentó el máximo mensual en un periodo diferente (Fig.4.144). Así, mientras que en los años 2000 y 2003 éste se localizó en mayo, con el 36 y 32% del total anual, respectivamente, en el año 2001 fue marzo el mes con mayor abundancia polínica con el 27% anual y en el caso del año 2002 el valor máximo fue el del mes de abril, con el 17% (cabe destacar que este menor porcentaje frente a los restantes años fue debido a una mayor homogeneidad en la distribución anual ya que no se detectó la presencia de un pico tan acusado).

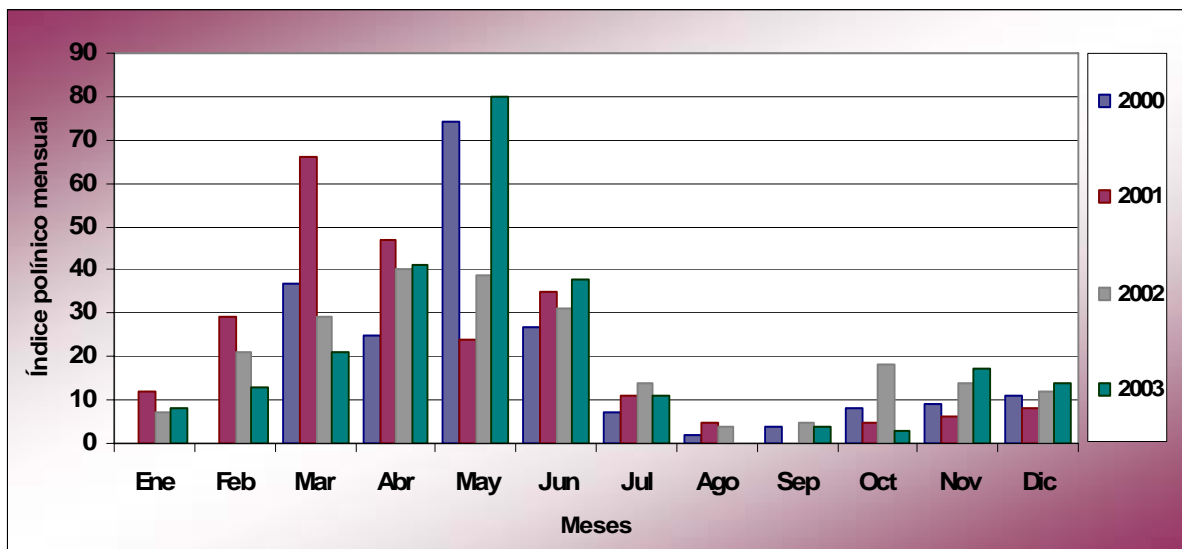


Fig.4.144. Índice polínico mensual del tipo *Ricinus* durante los años 2000-2003.

En cuanto a la distribución de las concentraciones medias diarias, se observa que este tipo polínico estuvo presente en la atmósfera de Nerja durante casi todo el año, aunque en concentraciones que no superaron, en el mejor de los casos, los 8 granos/m³ como media diaria (23 de mayo de 2003). Los mayores índices se obtuvieron en la estación primaveral, para continuar con un descenso progresivo hasta llegar a su desaparición, en la mayoría de los años, a finales de verano.

La media de días al año con presencia de polen fue de 158, de los cuales cerca del 68% como media, no alcanzaron valores por encima de 1 grano/m³ (Fig.4.145).

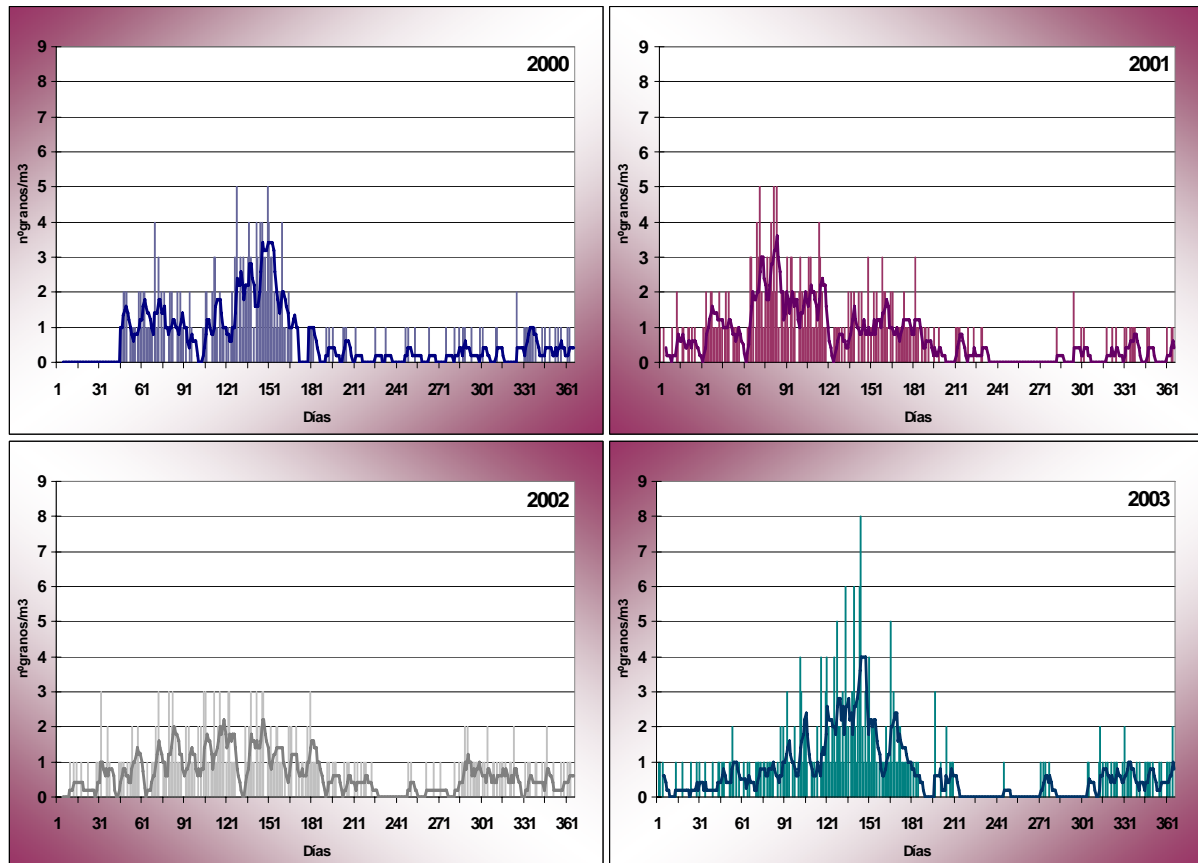


Fig.4.145. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Ricinus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Ricinus communis es una planta introducida y naturalizada en gran parte del mundo, en donde prospera como mala hierba de bordes de cultivos, carreteras, escombreras, baldíos y otros lugares ruderalizados. Hoy en día presenta una distribución cosmopolita, estando especialmente representada en las zonas tropicales y subtropicales (San Miguel, 2002).

El polen es básicamente anemófilo debido a la dehiscencia explosiva de las anteras. Su capacidad alergénica fue puesta de manifiesto por Layton *et al.* (1962) y Lewis *et al.* (1983), entre otros. En un estudio realizado en Málaga se detectó que cerca del 7% de pacientes atópicos presentaron sintomatología alérgica al polen de *Ricinus*, encontrando también reactividad cruzada con otras especies de la familia Euphorbiaceae como *Mercurialis annua* (García-González *et al.*, 1996a; 1996b) e incluso con extractos de su propia semilla (Layton *et al.*, 1962).

A pesar de que el polen de *Ricinus* no se detecta en grandes concentraciones, su presencia es casi constante a lo largo de todo el año, siguiendo un comportamiento similar al descrito en otras localidades cercanas como Motril (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004), Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a) y Estepona (Toro *et al.*, 1997), aunque en estas últimas localidades de situación más occidental los niveles son inferiores al igual que en el norte de la Península donde llegan a ser nulos.

4.2.3.24. Tipo *Salix*

Morfología polínica



Polen trizonocolporado (a veces colporoidado), isopolar, con simetría radial. De circular a circular lobulado en vista polar, de subcircular a elíptico en vista ecuatorial. De subprolado a suboblado y tamaño de pequeño a mediano. Ectoaberturas de tipo colpo, terminales, y endoaberturas difusas. Membrana apertural formada por elementos irregulares. Exina de 1,5-2 μm de grosor en la mesocolpia, con sexina aproximadamente dos veces más gruesa que la nexina. Téctum parcial e infratéctum columelado. Superficie reticulada, con lúmenes de 2-3 μm de anchura, más pequeños en las proximidades de los colpos, y muros truncados.

Especies más frecuentes: *Salix babylonica* L., *S. pedicellata* Desf.

Variación estacional

Este tipo polínico fue detectado durante el primer trimestre del año, presentando un índice anual medio de granos de polen durante todo el periodo de muestreo de 42, representando tan solo el 0,08% del polen total del periodo estudiado (Fig.4.146).

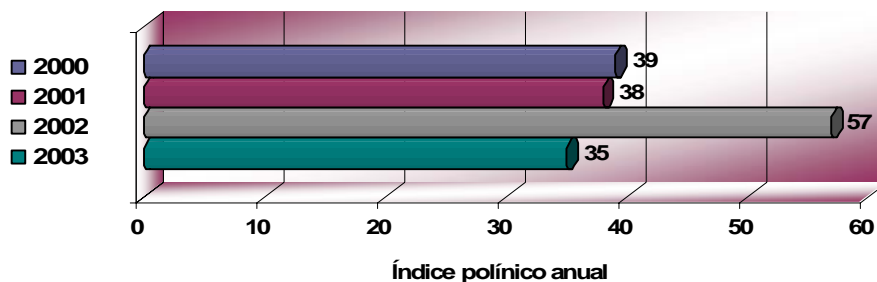


Fig.4.146. Índice polínico anual del tipo polínico *Salix* para los años estudiados.

El nivel polínico alcanzado fue muy similar en todos los años excepto en el año 2002 que se incrementó en un 53% como media, con relación a los restantes años, lo cual no resulta muy significativo dado las bajas concentraciones registradas.

Los tres primeros meses del año son los que mostraron mayores índices mensuales, con el 94% como media del total anual e incluso alcanzando el 100% en dos de los años estudiados (Fig.4.147). Mientras que los años 2001 y 2002 presentaron su máxima abundancia en febrero (50 y 46% del total anual respectivamente), en el caso de los años 2000 y 2003 los valores mensuales más elevados se registraron en marzo y en enero, respectivamente.

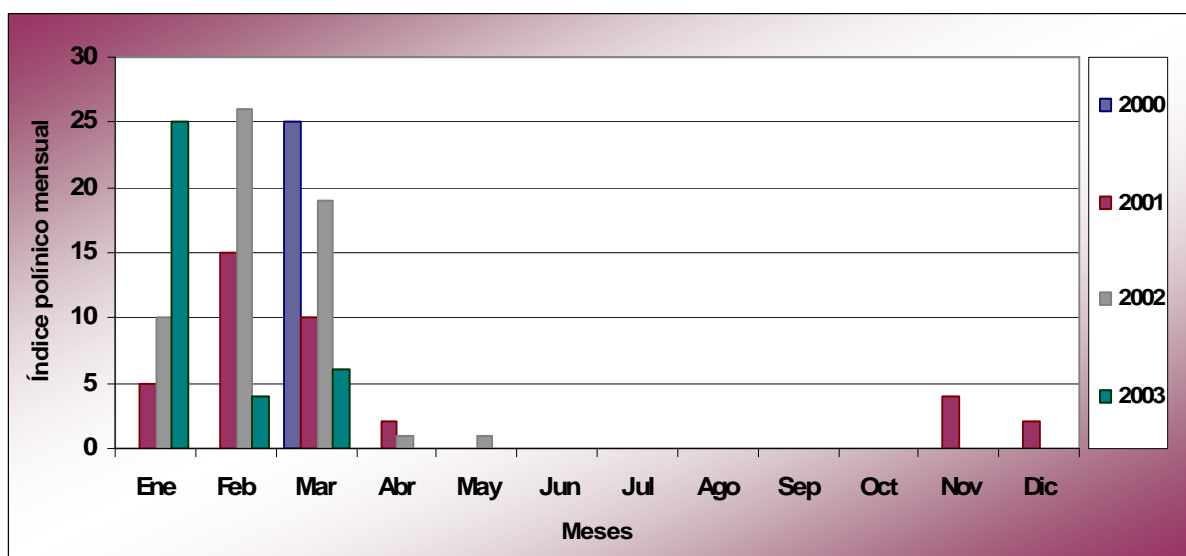


Fig.4.147. Índice polínico mensual del tipo *Salix* durante los años 2000-2003.

En cuanto a la distribución de las concentraciones medias diarias, se observa como este tipo polínico tuvo su aparición durante el primer trimestre del año, aunque en concentraciones siempre bajas. El pico máximo fue de 23 granos/m³ en el año 2003, aunque esto fue un episodio aislado ya que en los restantes años los niveles alcanzados no superaron los 10 granos/m³ en el mejor de los casos.

El número de días anuales con presencia de polen fue de 25 como media aunque los valores oscilaron entre 12 días en el 2003 y los 38 en el año 2002. De éstos, el 74% como media no superaron el valor de 1 grano/m³, aunque dichos valores oscilaron entre el 50% en el 2000 y el 91% de los días del año 2003 (Fig.4.148).

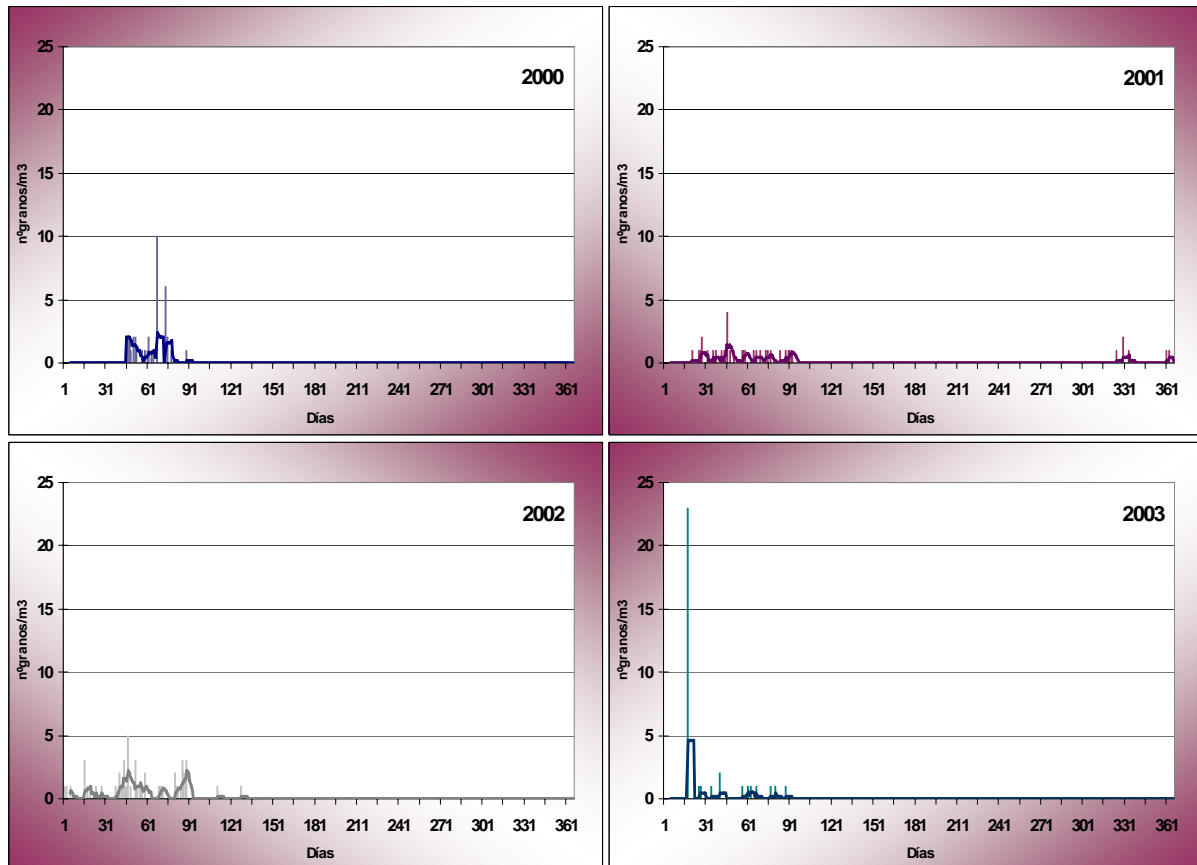


Fig.4.148. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Salix* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

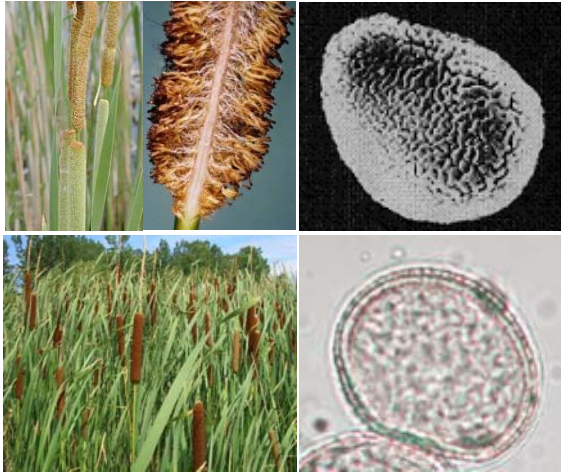
El género *Salix* presenta una polinación fundamentalmente entomófila, siendo frecuente en el centro y norte de Europa, así como en Norteamérica. Su floración acontece fundamentalmente durante los meses de marzo a mayo (Lewis *et al.*, 1983). En ciudades como Zaragoza (Bermejo *et al.*, 2002) y de la región gallega (Jato *et al.*, 2001b) del norte de España, los mayores niveles se detectan desde febrero hasta abril, mientras que en Nerja y en algunas localidades del litoral del sur de la Península, ésta se adelanta de enero a marzo e incluso a diciembre (Nieto-Lugilde *et al.*, 2004).

Por término general, los índices anuales alcanzados en la Península no suelen superar un valor de 100, aunque en ciudades como Ponferrada (Vega *et al.*, 2002b) y León (Vega *et al.*, 2002a) sí llegaron a sobrepasar esta cifra, alcanzándose un índice superior a 500 en Oviedo (Fernández-Casado *et al.*, 2002).

Pertenciente a la misma familia que el género *Populus*, a pesar de ser catalogado como más alergénico que este último (LewiS & Imber, 1975), el polen de *Salix* presenta una menor incidencia en la población debido posiblemente a la baja presencia en la atmósfera en relación al polen de los chopos y álamos, mucho más anemófilos y por lo tanto con una mayor posibilidad de exposición a éstos (Lewis *et al.*, 1983). También ha sido descrito como alergénico por Spieksma (1991b) y por Güvensen & Öztürk (2002), aunque con poca incidencia.

4.2.3.25. Tipo *Typha*

Morfología polínica



Fotografía superior derecha tomada de Valdés *et al.* (1987).

irregular y muros truncados con márgenes ondulados.

Polen monoanaporado, heteropolar, con simetría radial. Sub-circular en vista polar y de circular a ligeramente elíptico en visión ecuatorial. De esferoidal a subprolado o suboblado. Tamaño de pequeño a mediano. Abertura simple de tipo poro, circular, de unas 3 μm de diámetro. Membrana apertural granulada o verrugosa. Exina de 2 μm de grosor, con sexina aproximadamente tan gruesa como la nexina. Téctum parcial e infratéctum columelado. Superficie insulado-rugulada a reticulada, con lúmenes de hasta 2 μm , de forma

Especies más frecuentes: *Typha angustifolia* L.

Variación estacional

Este tipo polínico se detecta fundamentalmente entre finales de la primavera y principios del verano. El índice polínico anual medio de todo el periodo de muestreo fue de tan solo 22, representando el 0,04% del contenido de polen total.

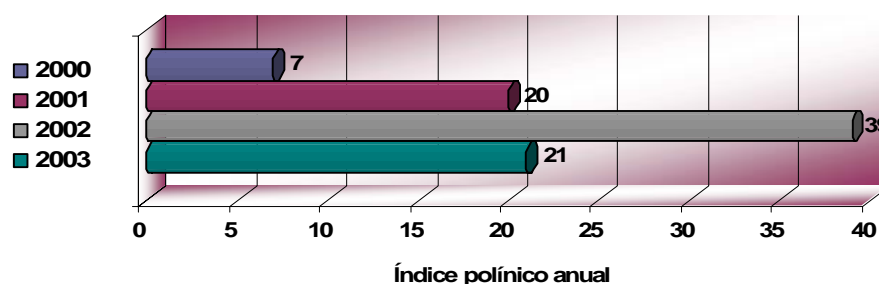


Fig.4.149. Índice polínico anual del tipo polínico *Typha* para los años estudiados.

El año con un mayor índice polínico anual fue el año 2002, con el 45% del polen total de tipo *Typha* registrado durante el periodo de muestreo, mientras que el año 2000 sólo registró el 8% del total (Fig.4.149).

Mayo, junio y julio fueron los meses de mayor abundancia polínica, con el 95% del índice anual como media. Junio fue el mes con el índice polínico mensual más elevado en todos los años, con el 55% del total anual como media, excepto en el año 2002 en el que fue mayo, con el 54%. De los restantes meses, únicamente se detectaron granos de polen de *Typha* de modo esporádico, y no en todos los años, en agosto y septiembre (Fig.4.150).

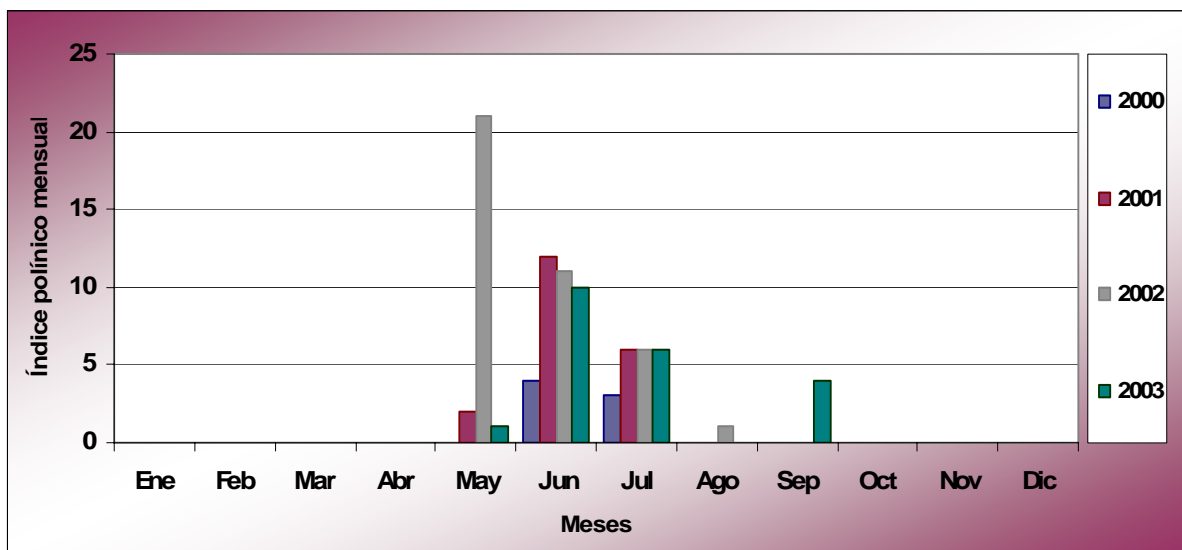


Fig.4.150. Índice polínico mensual del tipo *Typha* durante los años 2000-2003.

En lo que a concentraciones medias diarias se refiere, este tipo polínico concentró su presencia en el periodo estival aunque en niveles tan bajos que no fue posible el establecimiento de un pico máximo.

La media de días con polen fue de 19, oscilando desde los 7 días en el año 2000 hasta los 32 en el año 2002. En este mismo año 2002 fue cuando se registró la máxima concentración, alcanzando los 4 granos/m³ de media diaria el día 24 de mayo, aunque el 86% de los días con presencia de polen no superaron el valor de 1 grano/m³ (Fig.4.151).

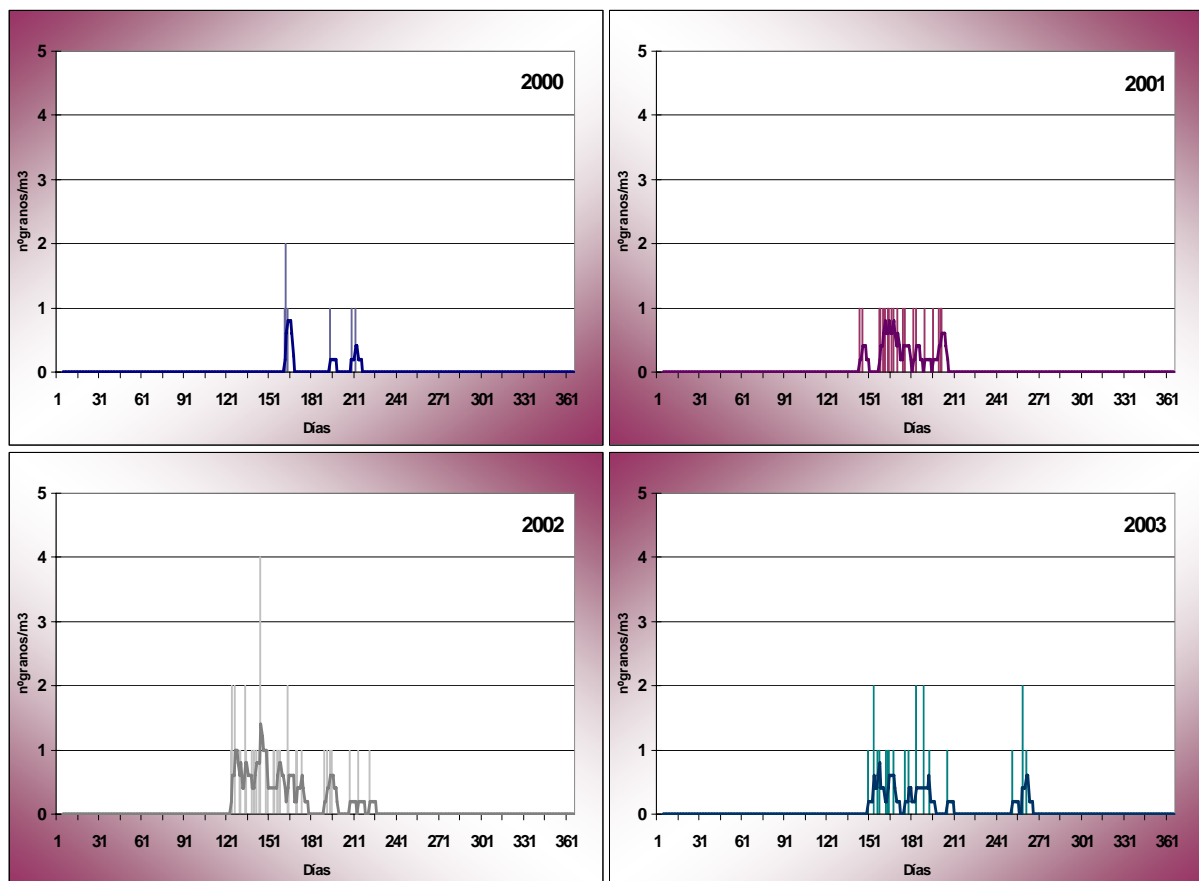


Fig.4.151. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Typha* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

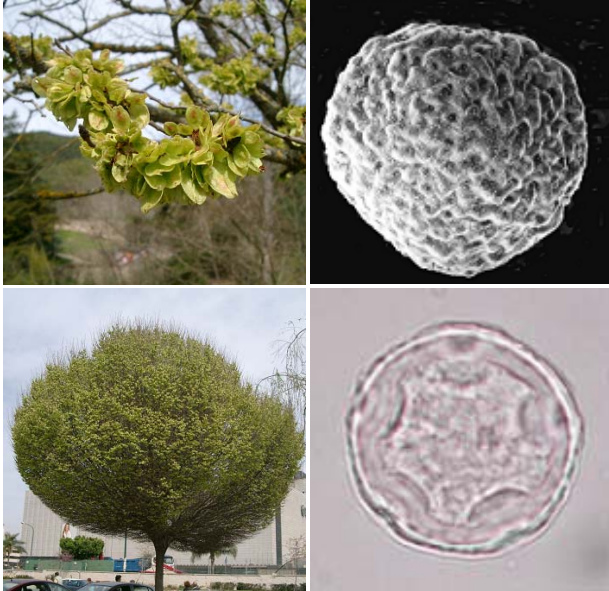
Typha es un taxon que incluye especies propias de lugares encharcados tales como bordes de cursos de agua lentos o lagunas temporales en regiones cálidas o tropicales. Estos hábitats no son muy frecuentes en los alrededores de la zona estudiada por lo que la presencia de las especies mencionadas es escasa, de ahí sus bajas concentraciones polínicas a pesar de su polinización típica anemófila.

Tanto la época de aparición como los índices anuales obtenidos son similares a los de otras ciudades de la geografía española, habiéndose encontrado niveles ligeramente superiores en localidades cercanas como Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), Antequera (Recio *et al.*, 2000) y Córdoba (Alcázar *et al.*, 2002).

A pesar de la escasa bibliografía encontrada en relación con sus características alergénicas, ha sido descrito como alergógeno por Lewis *et al.* (1983), aunque debido a las bajas concentraciones registradas en nuestra área de estudio, no creemos que tengan relevancia en la producción de alergias entre la población tal y como describió Domínguez *et al.* (1984) para la ciudad de Córdoba.

4.2.3.26. Tipo *Ulmus*

Morfología polínica



Polen 5-zonoporado, raras veces 4 ó 6-zonoporado. Subisopolar, con simetría radial. De subcircular a pentagonal en visión polar, angulaperturado, y ligeramente elíptico en visión ecuatorial. De suboblado a oblado. Tamaño mediano. Aberturas simples de tipo poro de unos 2 μm de diámetro, a veces ligeramente elípticas, bordeadas por un anillo producido por el engrosamiento de la exina. Membrana apertural escábrida. Exina de 1,5 μm en la mesosporia. Téctum completo e infratéctum finamente columelado. Superficie rugulada, con gránulos o espinas sobre las

rúgulas.

Especies más frecuentes: *Ulmus glabra* Hudson, *U. minor* Miller.

Variación estacional

Este tipo polínico se detecta fundamentalmente en la segunda mitad del invierno con un índice polínico anual medio para el periodo estudiado de tan solo 22, lo que supuso el 0,04% del polen total (Fig.4.152).

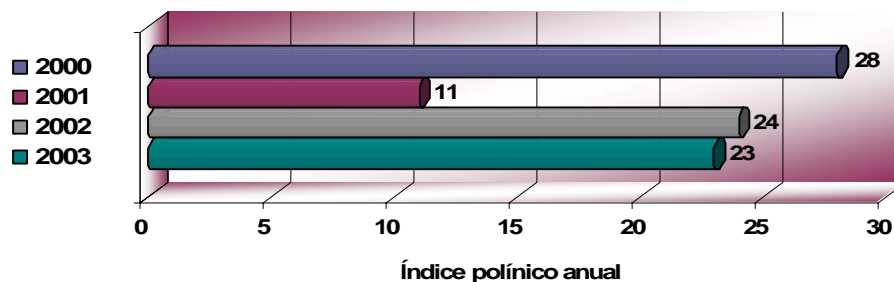


Fig.4.152. Índice polínico anual del tipo polínico *Ulmus* para los años estudiados.

En tres de los cuatro años se registraron niveles similares mientras que en el año 2001, el valor alcanzado fue inferior a la mitad con relación al de los restantes años, dato por otro lado poco significativo, teniendo en cuenta las concentraciones obtenidas.

El periodo principal de polinación se localizó en los tres primeros meses del año, y especialmente en los meses de febrero y marzo, donde se concentró el 85% como media del índice total anual para este tipo polínico. Mientras que febrero fue el mes con mayor abundancia polínica en los años 2001 y 2002, con el 82 y 75% del total anual respectivamente, marzo lo fue en los años 2000 y 2003, con el 60 y 61%. Sin embargo, cabe mencionar que en el año 2000 se omiten los resultados del mes de febrero por estar incompleto, aunque en este caso el índice polínico parcial de dicho mes superó al de marzo, presentando un valor de 23 y únicamente con los datos de la segunda quincena, siendo, por lo tanto, el máximo índice mensual registrado durante todo el periodo de estudio (Fig.4.153).

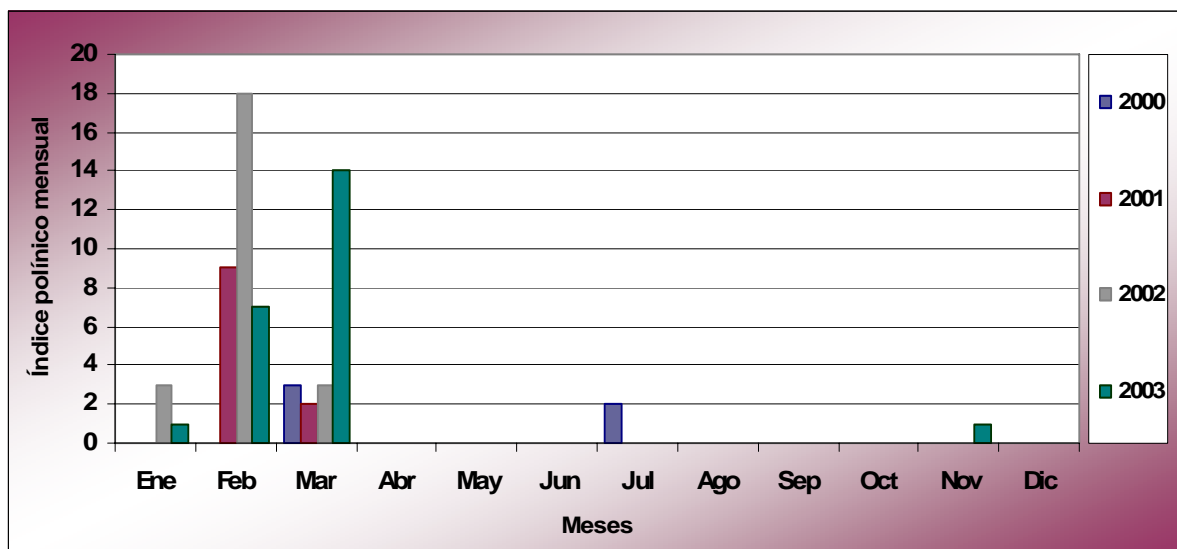


Fig.4.153. Índice polínico mensual del tipo *Ulmus* durante los años 2000-2003.

En cuanto a las concentraciones medias diarias, el polen de tipo *Ulmus* aparece en la segunda mitad del invierno, obteniéndose las máximas concentraciones durante la segunda quincena de febrero, periodo en que se alcanzó como valor más alto 8 granos/m³ el día 16 de febrero del año 2000, aunque en los restantes años no se sobrepasaron los 3 granos/m³ de media diaria.

De los 14 días al año como media con presencia de polen en la atmósfera, el 71% aproximadamente, tuvieron valores medios diarios de tan solo 1 grano/m³ (Fig.4.154).

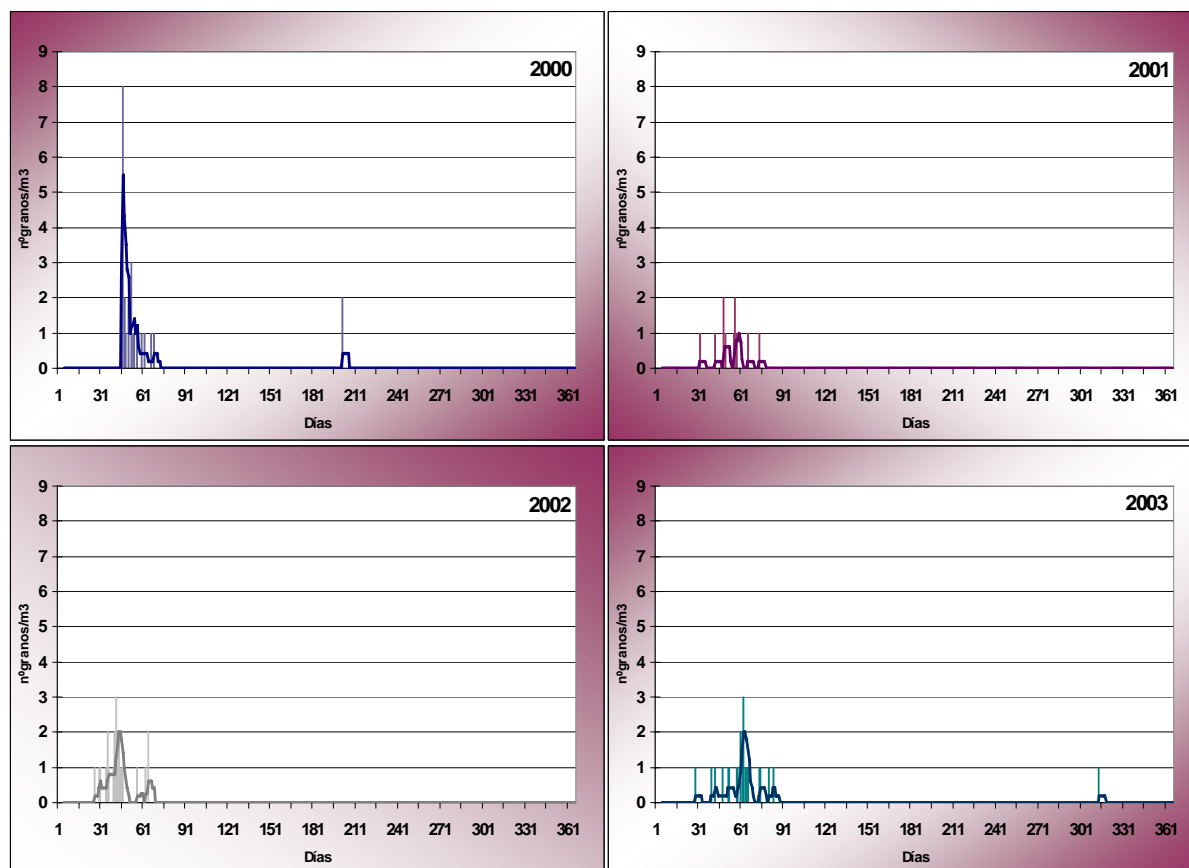


Fig.4.154. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Ulmus* (barras) para cada uno de los años estudiados. Línea: media móvil de 5 días.

Comentarios y discusión

Taxon arbóreo que aparece sobre suelos frescos en riberas fluviales y sotos, siendo utilizado también como ornamental. Con floración invernal, presenta polinización anemófila, aunque el bajo número de ejemplares existentes en nuestra área de estudio junto con el hecho de que la mayoría de los cultivares empleados en la jardinería apenas presentan floración, hace que las concentraciones polínicas detectadas en la atmósfera sean bajas. En localidades cercanas como Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a) o Estepona (Recio *et al.*, 2006) se registraron niveles similares, aunque su concentración dependerá en gran medida de su presencia en las zonas ajardinadas de las ciudades, superándose, por ejemplo, índices anuales de 800 en Madrid (Gutiérrez *et al.*, 2002).

El polen de *Ulmus*, más abundante en el centro de Europa y Norteamérica, ha sido descrito como causante de alergias pero con capacidad alergénica baja en Holanda (Driessen & Derksen, 1989) o moderada en Estados Unidos (Lewis *et al.*, 1983) y Turquía (Güvensen & Öztürk, 2002). En Nerja, debido a la escasa presencia de este tipo polínico en el aire, suponemos la poca importancia desde el punto de vista alergénico que presenta. Sin embargo, en zonas donde se alcancen mayores índices anuales su capacidad para provocar alergias cobra mayor relevancia, como ocurre en Dinamarca, donde el polen de *Ulmus* está considerado como uno de los mayores aeroalérgenos (Johnsen *et al.*, 1991).

4.2.4. Calendario polínico

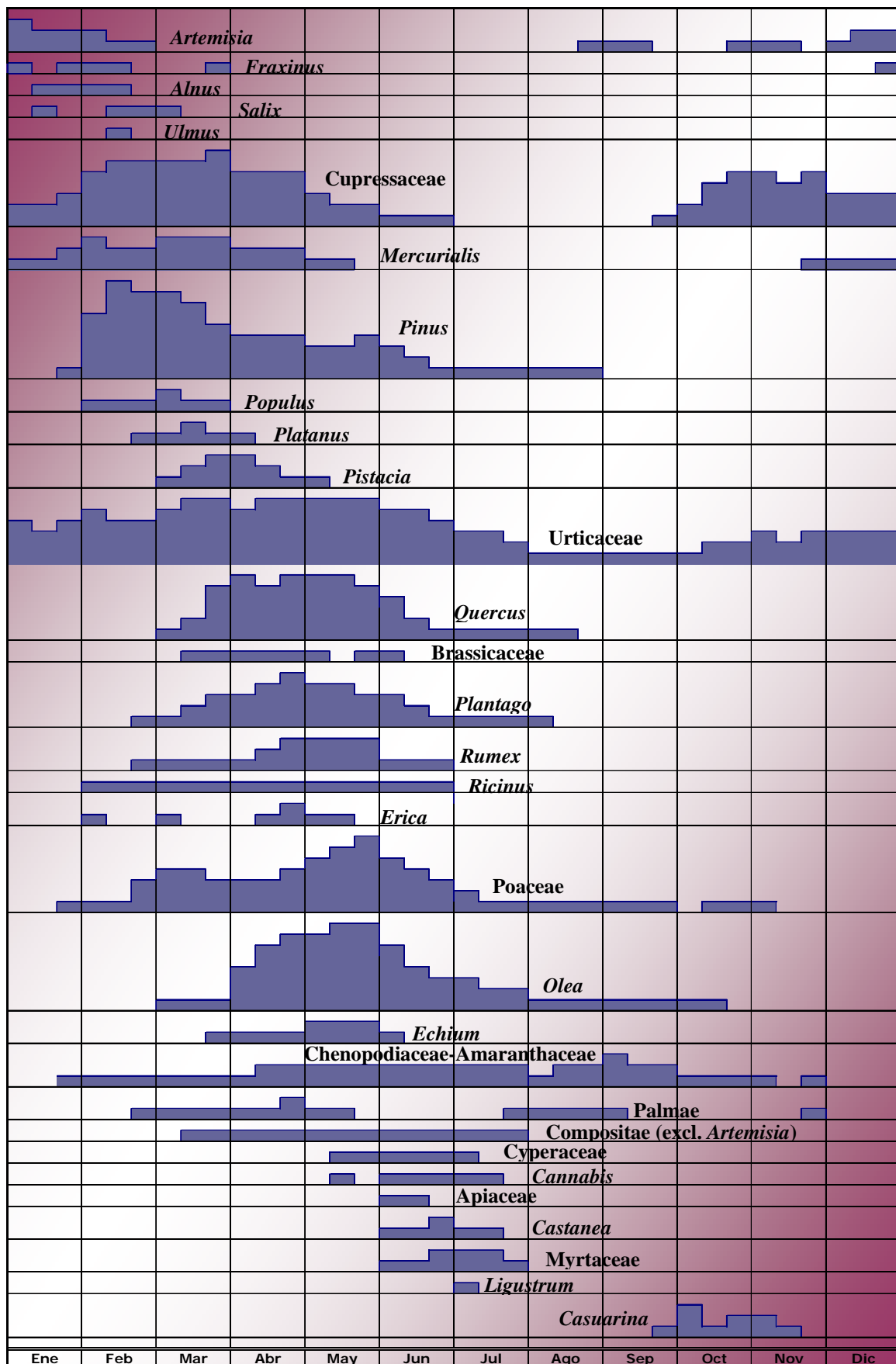


Fig.4.155. Calendario polínico de la atmósfera de Nerja (2000-2003).

Siguiendo la metodología explicada en el capítulo 3, en el calendario polínico de Nerja se han incluido un total de 31 tipos polínicos que fueron los que superaron en algún periodo del año una media decenal superior a 1 grano/m³ de aire (Fig.4.155).

El criterio utilizado para su colocación en el calendario se ha basado en la época aproximada de mayor concentración de cada tipo polínico, apareciendo en primer lugar los tipos típicamente invernales como son *Artemisia*, *Fraxinus*, *Alnus*, *Salix* y *Ulmus*. Otros tipos polínicos, a pesar de que su periodo de polinación da comienzo en otoño, muestran una prolongada presencia en la atmósfera de Nerja, extendiéndose hasta finales de la primavera o incluso durante la época estival. Es el caso de los tipos Cupressaceae, *Mercurialis* y Urticaceae, especialmente éste último, que es el único tipo polínico con presencia continua, con media decenal superior a 1 grano/m³, a lo largo de todo el año.

Al comenzar el año, las concentraciones se mantuvieron en niveles bajos durante el primer mes de enero y la primera quincena de febrero, periodo en los que pudimos encontrar polen de *Artemisia*, *Fraxinus*, *Alnus*, *Mercurialis*, además de Urticaceae y Cupressaceae entre otros. Hacia mediados de febrero las concentraciones ascendieron rápidamente para pasar de valores medios semanales que difícilmente superaban los 30 granos/m³, a niveles que se situaron por encima de los 1.000 granos/m³. Éste, de mes a mes y medio de duración, estuvo propiciado fundamentalmente por el polen de *Pinus*, Cupressaceae y Urticaceae en menor medida.

A continuación, a este pico le siguieron otros que se produjeron de manera sucesiva debidos a los tipos Cupressaceae y Urticaceae en marzo, junto a otros en menor medida entre los que destacan *Platanus*, *Pistacia* y Poaceae. A los anteriores, se les sumaron *Quercus* ya a finales de marzo, *Plantago*, *Rumex* y *Olea*, entre otros, en abril y mayo, mientras que éste último, además del polen de gramíneas son los que predominaron en junio. Tras el descenso de los niveles polínicos durante el periodo estival, en los que los tipos más destacables fueron Chenopodiaceae-Amaranthaceae junto con *Castanea*, Myrtaceae y *Ligustrum* al comienzo del verano, y *Artemisia* y Palmae en la segunda mitad, se apreció un ligero incremento en otoño debido a la presencia de pólenes tales como Urticaceae, Cupressaceae, *Casuarina* y *Artemisia*.

4.3. DATOS ESPORALES DE LA SALA DEL BELÉN

4.3.1. Clasificación de los tipos esporales

Si nos basamos en la clasificación de carácter taxonómico de la IX edición del *Ainsworth and Bisby's Dictionary of Fungi* (Kirk *et al.*, 2001), los tipos esporales identificados se incluyen dentro de los Basidiomycota y Ascomycota, pertenecientes al Reino Fungi, además de los Oomycota y Myxomycota catalogados en los Reinos Chromista y Protozoa, respectivamente. Finalmente, las esporas de los tipos de los que únicamente se conoce la fase de reproducción asexual y que constituyen principalmente los anamorfos de los basidiomicetos y ascomicetos se engloban en la clase artificial y sin validez taxonómica denominada hongos imperfectos.

En este estudio se observa que de los 72 tipos identificados, el número máximo se incluye en el grupo de los hongos imperfectos con 33 tipos esporales, estando seguido por Ascomycota y Basidiomycota, aunque éstos alcanzan solamente la mitad de los tipos en relación al anterior grupo descrito. Finalmente, en los restantes grupos se incluye un número mucho menor de tipos, no superando un valor de 3 (Tabla 4.74).

Ascomycota (18) R. Fungi	Basidiomycota (16) R. Fungi	Hongos imperfectos (33)		Myxomycota (2) R. Protozoa
<i>Ascobolus</i>	<i>Agaricus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Helicoma</i>	Myxomycete**
<i>Chaetomium</i>	<i>Agrocybe</i>	<i>Arthrinium</i>	<i>Helicomycetes</i>	<i>Trichia</i>
<i>Delitschia</i>	<i>Boletus</i>	Aspergílaceas	<i>Massarina</i>	Oomycota (3) R. Chromista
Diatrypáceae	<i>Bovista</i>	<i>Asperisporium</i>	<i>Nigrospora</i>	
<i>Didymella</i>	<i>Calvatia</i>	<i>Basipetospora</i>	<i>Oidium</i>	<i>Albugo</i>
<i>Emericella</i>	<i>Coprinus</i>	<i>Beltrania</i>	<i>Periconia</i>	
<i>Helicogermisliata</i>	<i>Cortinarius</i>	<i>Bispora</i>	<i>Phitomyces</i>	<i>Peronospora</i>
<i>Herpotrichia</i>	<i>Ganoderma</i>	<i>Botrytis</i>	<i>Polythrincium</i>	<i>Plasmopara</i>
<i>Keissleriella</i>	<i>Inocybe</i>	<i>Cercospora</i>	<i>Septonema</i>	
<i>Leptosphaeria</i>	<i>Puccinia</i>	<i>Circinotrichium</i>	<i>Septoria</i>	
<i>Leptosphaerulina</i>	<i>Russula</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Spegazzinia</i>	
<i>Phaeosphaeria annulata</i>	<i>Scleroderma</i>	<i>Curvularia</i>	<i>Stachibotrys</i>	
<i>Pleospora</i>	<i>Tilletia</i>	<i>Diplodina</i>	<i>Stemphylium</i>	
<i>Sordaria</i>	<i>Tomentella</i>	<i>Drechslera</i>	<i>Torula</i>	
<i>Sporormiella</i>	Uredospora*	<i>Endophragmiella</i>	<i>Tripospermum</i>	
Telochistáceae	<i>Ustilago</i>	<i>Epicoccum</i>		* excluido tipo <i>Puccinia</i>
<i>Venturia</i>		<i>Fusariella</i>		** excluido tipo <i>Trichia</i>
Xylariáceae		<i>Fusarium</i>		

Tabla 4.74. Tipos esporales identificados e incluidos en este estudio.

Basándonos en la clasificación de Saccardo para las esporas en la que se emplea la ausencia o presencia de septos así como su número y disposición, al igual que otros caracteres como el color, la forma y la ornamentación, el mayor porcentaje corresponde al tipo de las amerosporas o esporas unicelulares sin tabiques con más del 50% del total. El tipo didimospora (1 septo transversal) y las

fragmosporas (más de 1 septo transversal) son las que le siguen por orden de abundancia con el 14%. Tras éstas, las dictiosporas (septos transversales y longitudinales) con el 8%. Finalmente, se encuentran las helicosporas (forma helicoidal), estaurosporas (con apéndices o forma estrellada), distoseptadas (con pseudoseptos), y escolecosporas (filiformes) que no superan el máximo de 3 tipos en el mejor de los casos (Tabla 4.75).

Tipos esporales	% de tipos totales
amerospora	53
didimosporas	14
fragmosporas	14
dictiospora	8
distoseptadas	1
escolecosporas	3
helicosporas	4
estaurosporas	3

Tabla.4.75. Clasificación de los tipos esporales identificados según Saccardo.

Si hacemos referencia a los índices esporales alcanzados en cada uno de los años por los diferentes tipos incluidos en cada uno de los grupos descritos anteriormente, el mayor porcentaje del índice esporal anual correspondió en todos los casos al grupo de los hongos imperfectos que superó el 70% del índice total anual en los tres primeros años (Fig.4.156).

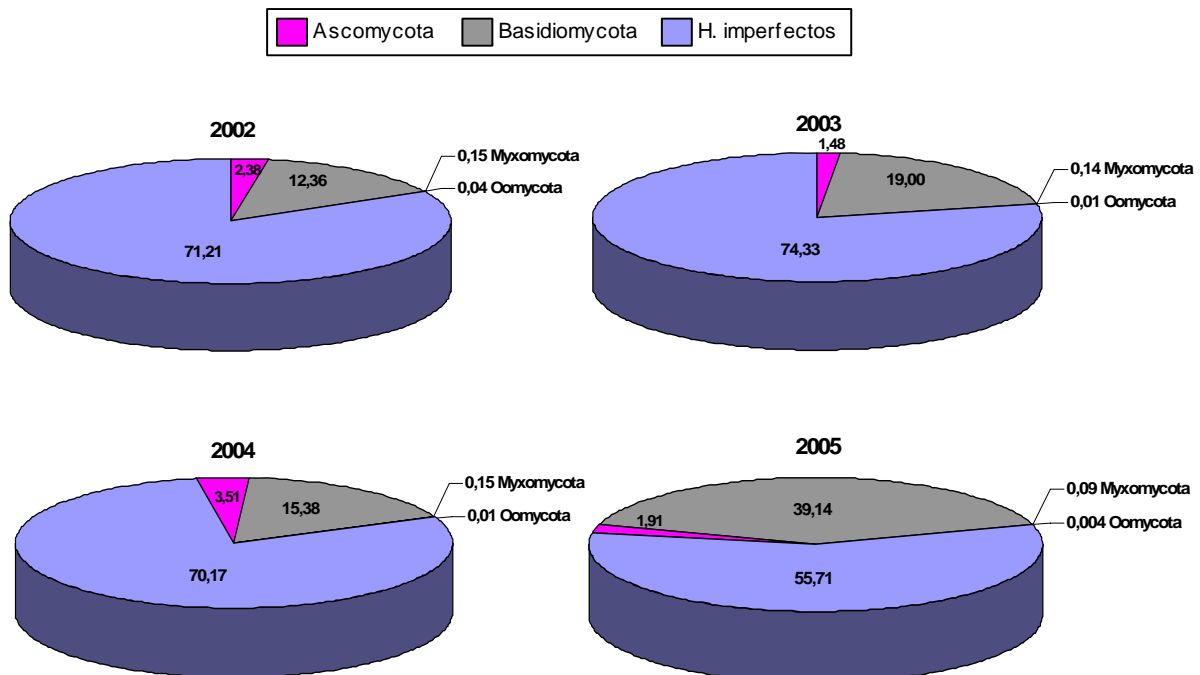


Fig.4.156. Porcentaje del índice anual de los diversos grupos esporales durante los cuatro años en relación al contenido total de esporas.

Durante estos primeros tres años de muestreo se alcanzaron proporciones similares, siendo el año 2005 el que mostró un comportamiento más alejado del resto, en el que el porcentaje de Basidiomycota ascendió hasta el 39 %, en detrimento de los hongos imperfectos con poco más de la mitad del índice total anual de esporas ya que los restantes grupos mantuvieron unos porcentajes similares. La división Ascomycota se mantuvo en los cuatro años en un rango comprendido entre el 1,5 y el 3,5 % del índice total, mientras que los restantes grupos no superaron el ninguno de los casos el 0,15 %.

Además de los índices anuales se realizó un estudio de la distribución mensual de las esporas para cada uno de los años, apreciándose un comportamiento diferente para los diversos grupos establecidos. Así, mientras que los hongos imperfectos alcanzaron los valores máximos durante los meses centrales del año, fundamentalmente durante junio, julio y agosto, dependiendo del año, para el grupo de los ascomicetos y basidiomicetos, así como en el caso de los oomicetos y mixomicetos, estos meses fueron los de menores índices esporales, teniendo sus valores máximos a principios y finales de año, mostrando un adelanto o atraso en función de los periodos de lluvia (Fig.4.158).

El valor del índice mensual máximo absoluto se logró en julio del año 2003 para los hongos imperfectos, produciéndose en ese mismo año el máximo para los basidiomicetos, aunque en el mes de noviembre. En este mismo mes también se encontró el máximo absoluto en el caso de los ascomicetos, aunque esta vez se produjo en el año 2005. En los restantes grupos los máximos se situaron en el año 2002.

Sin embargo, si nos fijamos en el año de mayor índice mensual para cada mes, se observa que mientras que en el caso de los basidiomicetos, los mayores índices mensuales se apreciaron por término general en el año 2005, a excepción de los tres últimos meses del año, los ascomicetos y hongos imperfectos mostraron un patrón más variable y similar (coincidiendo en 7 de los 12 meses), siendo el año 2002 el que presentó más valores máximos, seguidos del año 2005 y 2004, respectivamente. Los oomicetos también alcanzaron en el año 2002 los mayores valores (Fig.4.157).

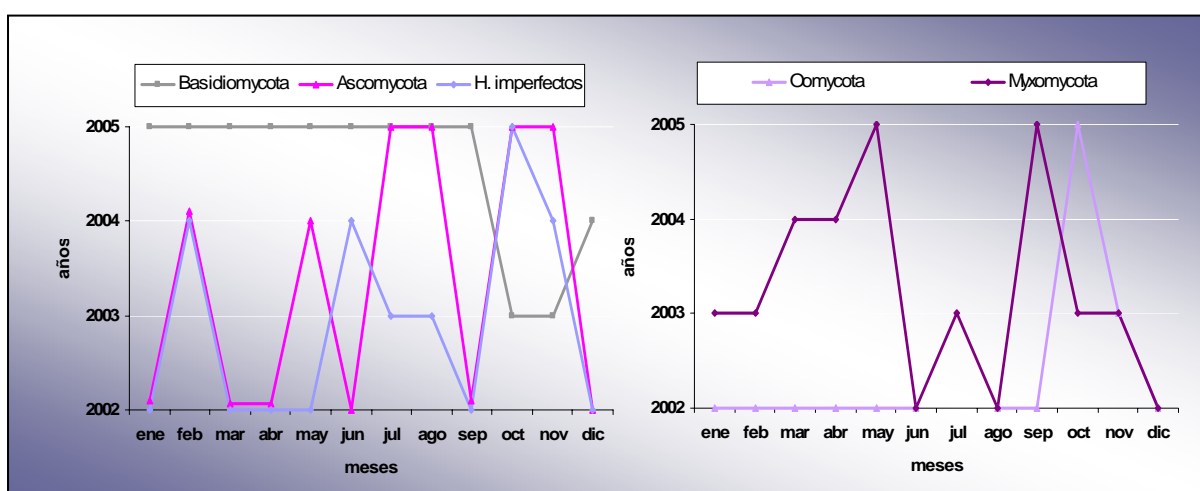


Fig.4.157. Año en el que se produjo el valor máximo del índice esporal mensual para cada mes.

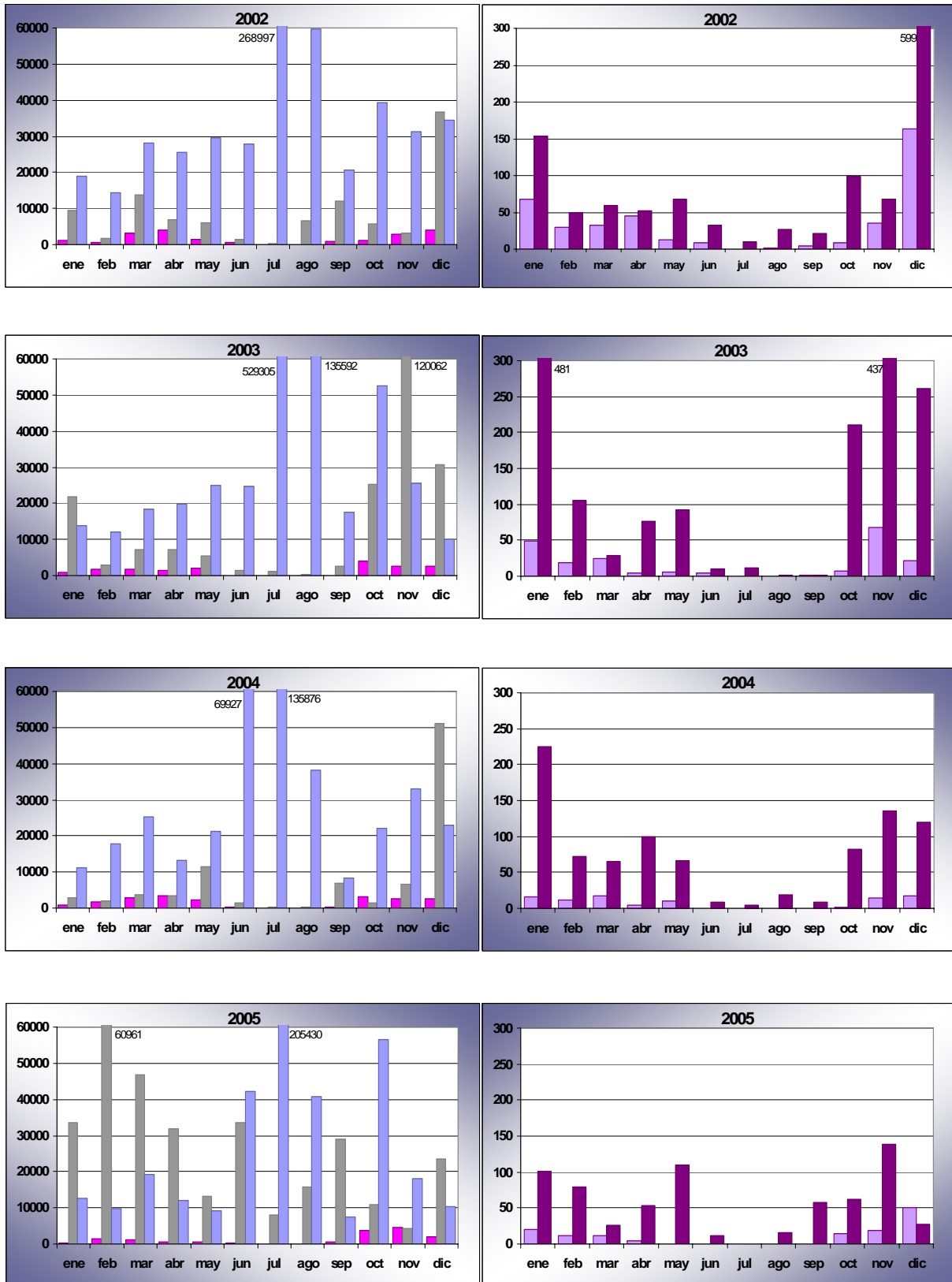
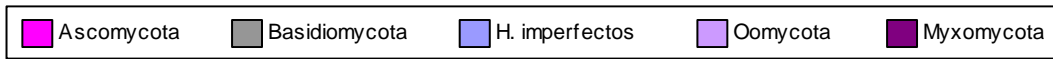


Fig.4.158. Índice esporal mensual de las diferentes categorías establecidas durante los años 2002-2005. Obsérvense las diferentes escalas.

Al realizar los índices esporales de los diferentes meses agrupados en las estaciones del año, observamos que mientras el verano es la estación en la que se detectaron más esporas pertenecientes al grupo de los hongos imperfectos, este periodo estival es a su vez la época en la que menos basidiosporas y ascosporas se registraron, alcanzando su máxima representación en otoño (Fig.4.159).

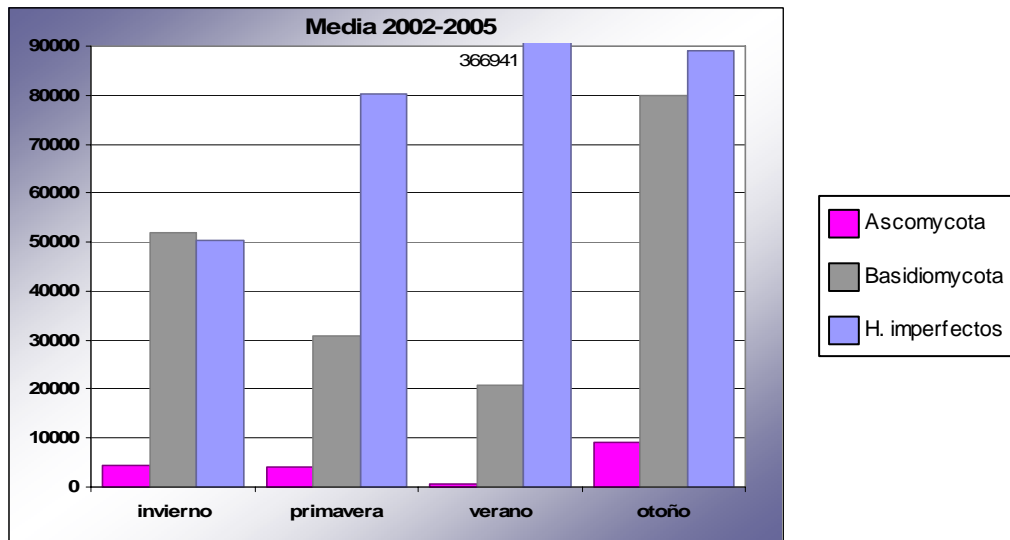


Fig.4.159. Índice esporal estacional medio de los Basidiomycota y Ascomycota, así como de los hongos imperfectos.

En el caso de los restantes grupos, menos abundantes, siguen la misma tendencia que las esporas pertenecientes a Basidiomycota y Ascomycota con los mayores niveles en otoño, para descender durante el invierno y la primavera, mostrando los menores índices esporales durante los meses de verano (Fig.4.160).

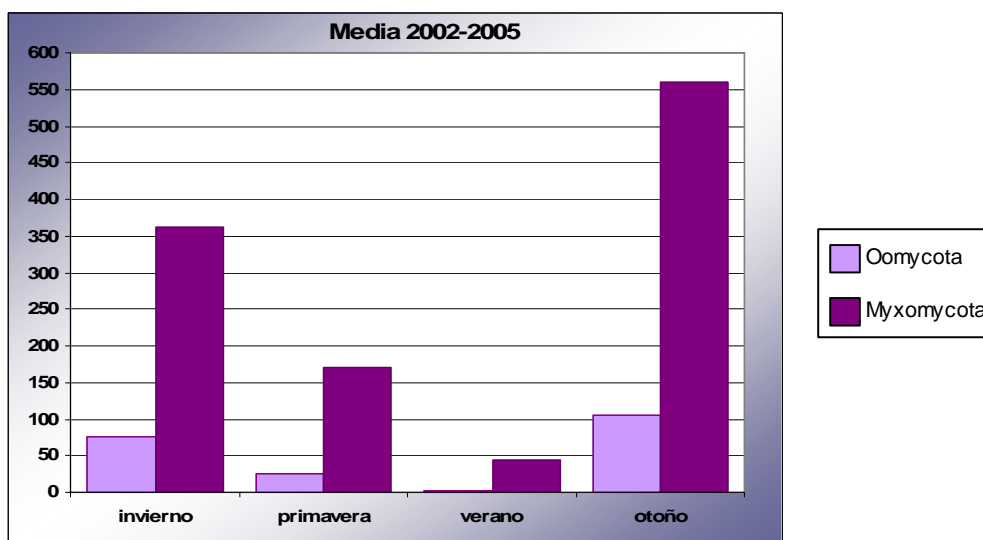


Fig.4.160. Índice esporal estacional medio de los Oomycota y Myxomycota.

4.3.2. Esporas totales

Durante todo el periodo de estudio 2002-2005 se ha registrado un índice esporal medio de 856.033, siendo el año 2003 el que alcanzó niveles mayores con más del 35% del índice del periodo estudiado, lo que supuso un valor superior al millón de esporas. Mientras que el primer y último año de muestreo presentaron índices muy similares entre sí, cercano a las 800.000 esporas, el año 2004 es el que mostró menores cantidades de esporas en el aire, no llegando a superar un valor del índice esporal de 600.000 (Fig.4.161).

En relación con los tipos identificados más abundantes, destacar que el tipo aspergiláceas fue el tipo esporal más importante en todos los años, representando un porcentaje medio del 50% del total anual. Éste fue seguido por el tipo *Cladosporium*, excepto en el año 2005, donde el tipo *Agaricus* ocupó la segunda posición. En cualquier caso, la cantidad de estos tipos resultaron mucho menores a las de aspergiláceas, con un porcentaje inferior a la mitad. Los tipos *Boletus* y *Ustilago* presentaron niveles aun más bajos, por término medio, especialmente *Ustilago* cuyos índices esporales anuales no superaron ni el 2,6 % del total en el mejor de los casos. Los restantes tipos identificados, a excepción del tipo *Didymela* en el año 2004 con el 2 % del índice total anual, no llegaron a alcanzar ni el 1% del valor de dicho índice.

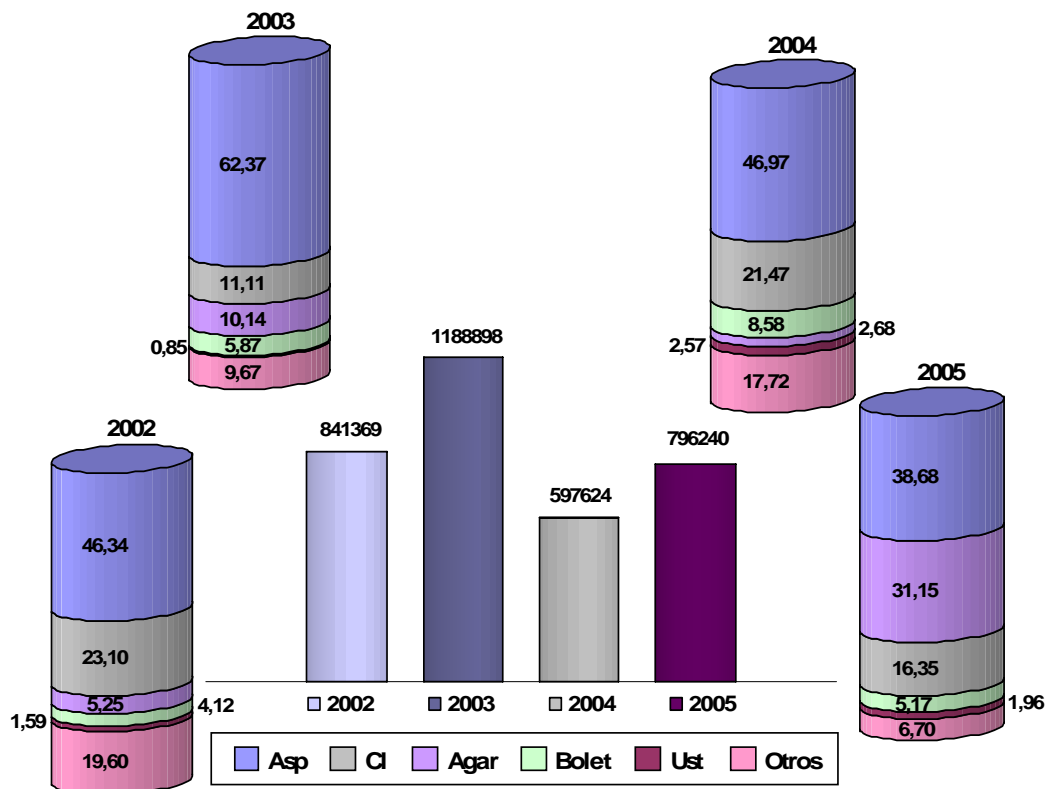


Fig.4.161. Índice esporal anual para cada uno de los cuatro años de estudio, así como el porcentaje de los tipos esporales más relevantes dentro de cada año con relación al total anual. Asp tipo Aspergillaceae; Cl tipo *Cladosporium*; Agar tipo *Agaricus*; Bolet tipo *Boletus*; Ust tipo *Ustilago*.

En referencia a la distribución mensual de las esporas fúngicas, se observó que julio fue el mes en el que se detectó un índice mensual más elevado, con un 31% del total anual como media, aunque cabe mencionar el casi 45% registrado en julio de 2003, con más de medio millón de esporas como índice mensual máximo logrado durante todo el periodo de estudio. En los restantes meses aparecieron niveles más similares entre sí, elevándose en el último trimestre del año. Por el contrario, septiembre fue el mes en el que se obtuvo una menor incidencia esporal, con un porcentaje medio del 3,5% del total anual (Fig.4.162).

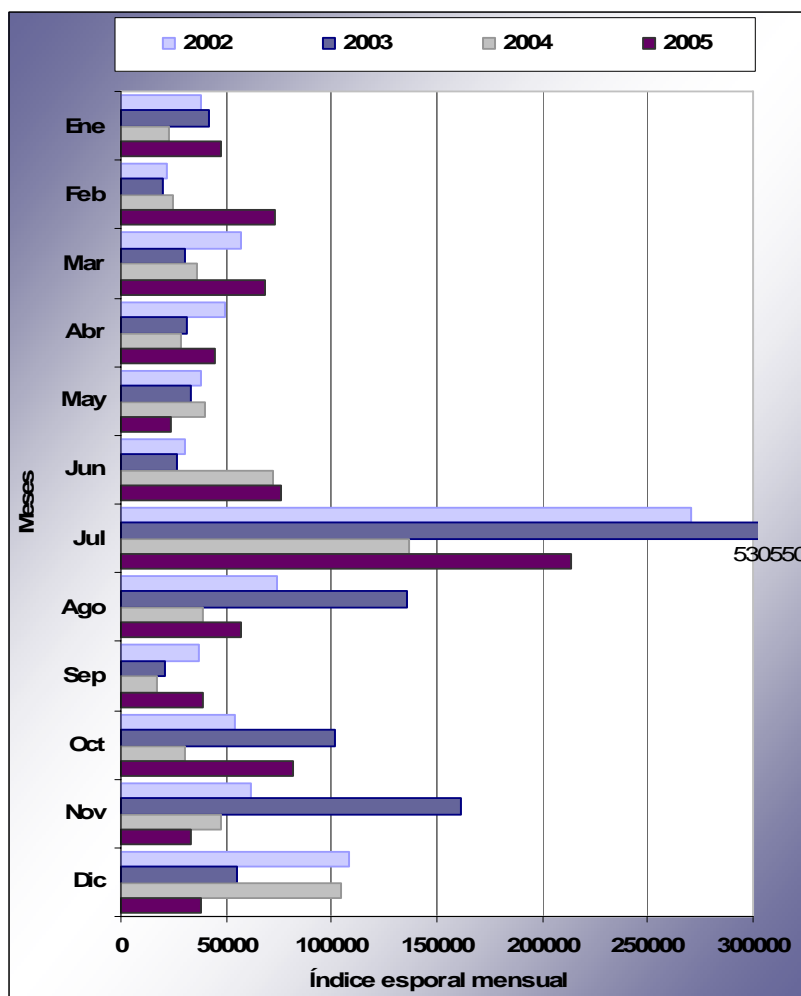


Fig.4.162. Índice esporal mensual de las esporas totales durante los años 2002-2005.

Si nos fijamos en la evolución de las concentraciones medias diarias, observamos que aunque han existido diferencias en los niveles diarios registrados entre los diversos años de muestreo, aparece un comportamiento similar caracterizado por un fuerte incremento de las concentraciones durante el periodo estival, más concretamente desde julio hasta mediados de agosto, alcanzando un máximo absoluto el día 28 de julio de 2003 con 282.195 esporas/m³ (Fig.4.163). Durante el resto del año, raramente se superan las 5.000 esporas/m³, siendo solamente 11 los días que, como media de los cuatro años estudiados, superan dicha cantidad fuera del periodo estival anteriormente mencionado, encontrándose por término medio niveles bastante inferiores, estableciéndose así, para el 60% de los días del año como media, una concentración superior a las 1.000 esporas/m³. Durante la época otoñal se vuelve a experimentar un incremento de los niveles esporales, aunque en menor medida.

Mientras que las mayores concentraciones se han registrado durante el año 2003, las menores han aparecido en el año 2004.

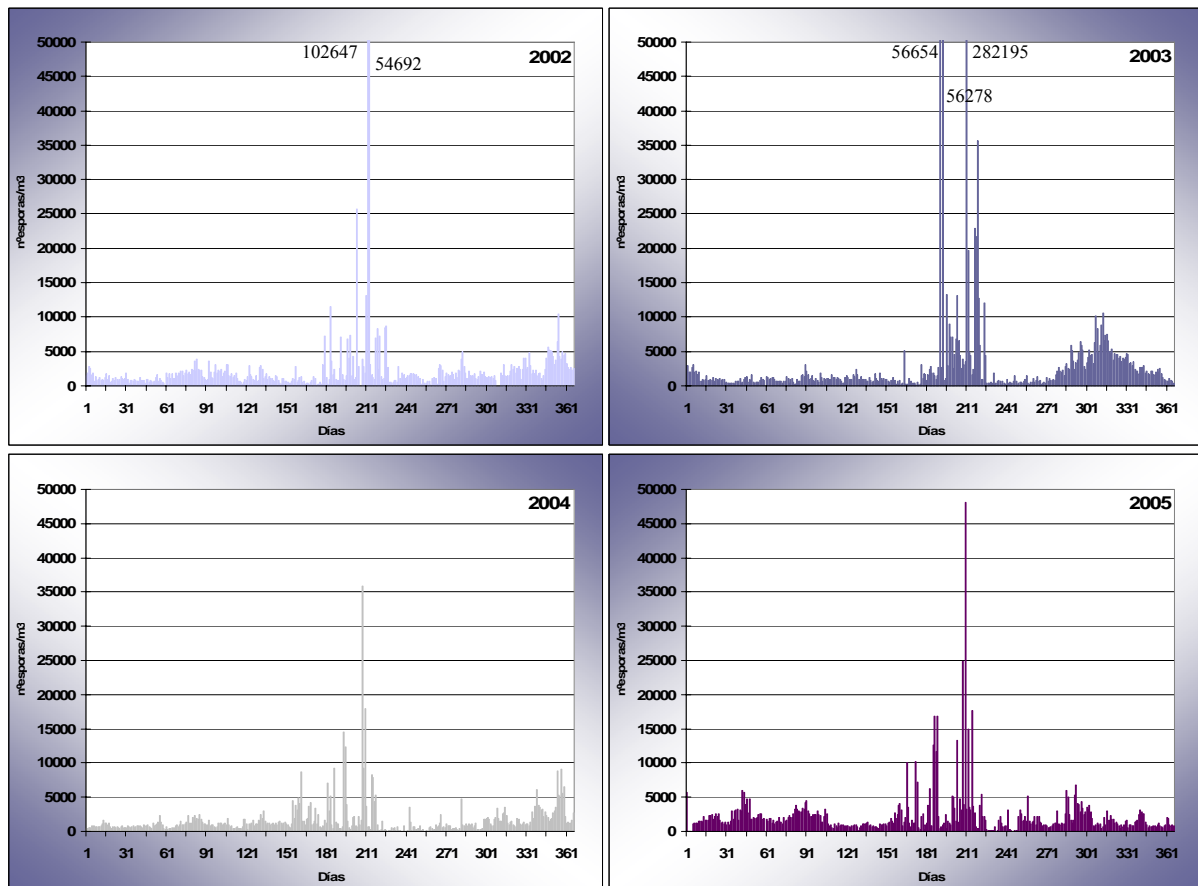


Fig.4.163. Evolución de las concentraciones medias diarias de las esporas totales para cada uno de los años estudiados.

A continuación, se muestran los resultados de los índices mensuales medios calculados a partir de los años completos de muestreo 2002-2005. En la tabla 4.76 se representan los tipos esporales cuyo índice anual medio haya superado el valor de 100 esporas.

Aunque se comentará con más detalle en los apartados siguientes, existe una tendencia general de la mayor parte de los tipos a la disminución de los niveles durante los meses estivales, alcanzando concentraciones prácticamente nulas en muchos de los casos. Sin embargo, cabe destacar que este patrón no es seguido por las aspergiláceas que se incrementan en gran medida.

2002-2005	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<i>Agaricus</i>	11854	14876	10676	8296	5061	8478	2164	5394	11142	5352	13595	11654
<i>Agrocybe</i>	29	54	83	144	38	12	2	2	13	121	242	235
<i>Alternaria</i>	81	54	99	151	177	45	26	24	49	142	157	107
<i>Arthrinium</i>	82	40	52	45	64	26	6	5	9	24	41	35
Aspergilláceas	3908	2744	4728	2967	4287	35203	282406	66809	6781	8928	6967	4307
<i>Boletus</i>	4542	262	5705	621	201	6	0	1	175	2141	16440	19106
<i>Botrytis</i>	90	55	207	176	96	7	1	1	1	41	38	53
<i>Cercospora</i>	6	19	26	14	23	1	1	1	9	27	48	37
<i>Cladosporium</i>	9202	9353	16439	13352	16269	5699	2417	1650	6567	32835	18897	13548
<i>Coprinus</i>	169	140	401	664	213	28	5	7	69	1623	1321	865
<i>Cortinarius</i>	36	10	17	11	1	0	0	1	0	15	57	124
<i>Chaetomium</i>	31	18	14	13	23	10	6	1	4	5	13	10
Diatrypáceae	29	85	78	256	55	5	1	3	34	379	229	163
<i>Didymella</i>	229	391	955	1010	723	105	3	8	205	1647	1835	1231
<i>Drechslera</i>	16	56	30	32	33	5	3	3	5	12	10	6
<i>Ganoderma</i>	17	14	13	18	20	15	9	13	48	110	71	27
<i>Helicomycetes</i>	23	79	82	111	50	9	0	0	5	40	47	82
<i>Leptosphaeria</i>	317	586	798	750	533	67	8	5	103	597	729	922
Myxomycete	94	47	32	52	41	10	5	12	15	105	172	115
<i>Oidium</i>	5	14	42	19	23	4	1	2	1	5	8	3
<i>Periconia</i>	9	10	9	8	20	20	2	2	11	9	10	9
<i>Pha. annulata</i>	15	22	23	27	30	3	0	0	2	46	92	63
<i>Pleospora</i>	58	83	109	94	93	13	2	3	12	51	53	86
<i>Russula</i>	22	3	0	15	3	1	0	0	0	1	136	54
<i>Septoria</i>	339	846	734	488	51	5	1	0	35	244	566	960
<i>Sordaria</i>	21	42	24	38	21	7	4	1	7	13	25	27
<i>Stachibotrys</i>	8	90	14	44	12	66	12	0	3	35	15	10
<i>Tomentella</i>	1337	591	435	563	209	6	0	0	11	137	947	1448
<i>Torula</i>	60	32	44	55	85	23	6	5	14	34	28	32
<i>Ustilago</i>	288	911	608	1977	3240	912	288	298	1175	1303	677	1947
<i>Venturia</i>	51	105	57	63	82	6	3	1	23	104	124	118

Tabla 4.76. Índices mensuales medios de los tipos esporales más relevantes durante los años de muestreo 2002-2005.

4.3.3. Tipos esporales más relevantes

Para la elaboración de un estudio más detallado se eligieron los tipos esporales más importantes en cuanto a concentración se refiere, incluyendo los tipos que como media de los cuatro años de muestreo superaron el 1% del índice total anual de esporas presentes en la atmósfera de la Cueva de Nerja. Así, el tipo esporal con un mayor índice anual de esporas fue el tipo aspergíleas que, aunque con fluctuaciones de un año a otro, representó la mitad del índice total anual como media. Otros tipos abundantes fueron *Cladosporium* y *Agaricus* con el 17 y 12%, respectivamente. Finalmente, encontramos el tipo *Boletus* que no alcanzó el 6% y los tipos *Ustilago* y *Didymella* con menos del 2% como media del índice total anual.

Para un mejor seguimiento, los resultados expuestos a continuación se han presentado por orden alfabético en lugar de su aparición por orden decreciente de abundancia, que es como se muestran en la figura 4.164.

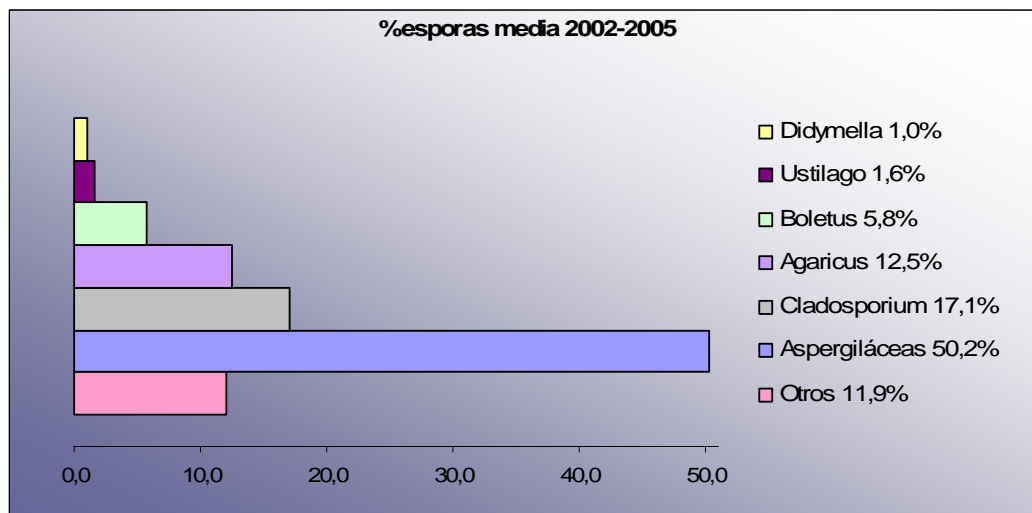


Fig.4.164. Porcentaje medio de los principales tipos esporales en función del índice total anual de esporas.

Diferencias interanuales

El análisis de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov mostró que ninguno de los tipos anteriormente comentados se ajusta a una distribución Normal (Tabla 4.77). Por lo tanto, al aplicar la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis del análisis de varianza para más de dos muestras (Tabla 4.78), se observó que en todos los casos excepto en *Boletus* se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las medias de las concentraciones. En el tipo *Agaricus* fue donde se detectaron las mayores diferencias entre los rangos promedios de los diversos años.

Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Tipo esporal	Diferencias más extremas (absoluta)			
	2002	2003	2004	2005
Aspergiláceas	0,432***	0,448***	0,384***	0,404***
<i>Agaricus</i>	0,335***	0,294***	0,347***	0,209***
<i>Boletus</i>	0,372***	0,417***	0,420***	0,380***
<i>Cladosporium</i>	0,142***	0,221***	0,168***	0,249***
<i>Didymella</i>	0,311***	0,329***	0,359***	0,399***
<i>Ustilago</i>	0,345***	0,384***	0,448***	0,397***

Tabla 4.77. Resultados del test de Normalidad aplicado a los principales tipos de esporas para cada uno de los periodos muestreados. *** $p \leq 0,001$.

Dado el resultado de contrastes significativos para todos los tipos estudiados del análisis de homogeneidad de varianzas (Tabla 4.79), para el estudio detallado por parejas de las diferencias interanuales se utilizó el Test de Games-Howell, seguido de la prueba de Tukey para la creación de subconjuntos homogéneos (Tabla 4.80).

Prueba de Kruskal-Wallis

Tipo esporal	Chi-cuadrado
Aspergiláceas	96,148***
<i>Agaricus</i>	396,710***
<i>Boletus</i>	3,631NS
<i>Cladosporium</i>	78,580***
<i>Didymella</i>	32,236***
<i>Ustilago</i>	64,629***

Tabla 4.78. Diferencias interanuales en los principales tipos esporales. *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Prueba de aleatoriedad de Levene

Tipo esporal	Estadístico de Levene
Aspergiláceas	4,638**
<i>Agaricus</i>	150,564***
<i>Boletus</i>	-
<i>Cladosporium</i>	4,070**
<i>Didymella</i>	7,798***
<i>Ustilago</i>	4,356**

Tabla 4.79. Prueba de contraste para la homogeneidad de las varianzas de los diferentes periodos de muestreo. ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Al observar los resultados se aprecia que mientras que en la mayor parte de los grupos sólo aparecen diferencias entre algunos años, en *Agaricus* esas diferencias se presentan entre todos los años. Así, el tipo *Didymella* sólo mostró diferencias significativas entre los años 2003 y 2004, aunque parece que el año que más difirió del resto fue el 2004. Para este tipo se establecieron 2 subgrupos

que como lo descrito previamente destacan los años 2003 y 2004 como claramente diferentes, mientras que los restantes se muestran a caballo entre los dos. Sin embargo, en función de las diferencias entre medias se aprecia una mayor cercanía con el año 2003. En el tipo *Ustilago* sólo aparecieron diferencias entre dos años también, aunque en esta ocasión entre el 2003 y el 2005, pareciendo ser éste el de características más diferentes. Al igual que en *Didymella*, los subgrupos creados muestran 2 años con una disposición intermedia aunque más cercanos al año 2003. El año 2005 también fue el más divergente en el tipo *Agaricus*, aunque en este caso aparecieron diferencias estadísticamente significativas entre todas las parejas de años analizadas. En principio, este resultado no concuerda con el obtenido en la prueba de Tukey en la que sí se establecen dos grupos homogéneos. Las posibles razones de esto ya quedaron explicadas en los resultados de las diferencias interanuales en los principales tipos polínicos.

Games-Howell (diferencia entre medias)						
	2002-2003	2002-2004	2002-2005	2003-2004	2003-2005	2004-2005
Aspergiláceas	-	-	-	-	-	-
<i>Agaricus</i>	-206,127***	57,688**	-584,499***	263,816***	-378,371***	-642,187***
<i>Boletus</i>						
<i>Cladosporium</i>	177,085***	192,354***	180,773***	15,269NS	3,688NS	-11,581NS
<i>Didymella</i>	5,796NS	-9,116NS	3,688NS	-14,912*	-2,108NS	12,805NS
<i>Ustilago</i>	9,351NS	-4,748NS	-39,516NS	-14,099NS	-48,867*	-34,768NS

HSD de Tukey (alfa = 0,05) Subconjuntos homogéneos						
	2002	2003	2004	2005	p	p
Aspergiláceas	-	-	-	-	-	-
<i>Agaricus</i>	61,11	50,54	117,27 117,27	196,61	0,304	0,165
<i>Boletus</i>						
<i>Cladosporium</i>	543,67	366,59	351,32	362,90	1,000	0,973
<i>Didymella</i>	23,29 23,29	17,50	44,84	19,61 19,61	0,654	0,052
<i>Ustilago</i>	37,76 37,76	28,41	42,51 42,51	77,28	0,847	0,101

Tabla 4.80. Análisis de la homogeneidad interanual mediante comparaciones múltiples por parejas y establecimiento de subconjuntos dentro de cada tipo esporal. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Por el contrario, el tipo *Cladosporium* presentó dos claros grupos, uno con el primer año de estudio muy diferente a los demás y otro en el que estaban incluidos los años 2003, 2004 y 2005. Finalmente, para el tipo aspergiláceas a pesar de hallarse diferencias entre los años de muestreo, no fue posible continuar con el análisis por no ser significativa la validez de los resultados obtenidos.

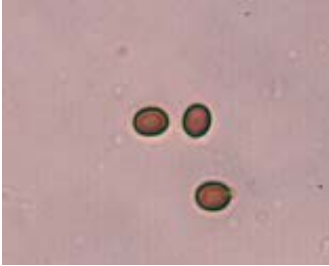
En el estudio de las distribuciones sí fue posible el análisis del tipo aspergiláceas, mostrando diferencias entre todos los años excepto entre el 2002 y el 2004 (Tabla 4.81). Los tipos *Cladosporium* y *Ustilago*, aunque con mayores diferencias en relación con la distribución que entre las medias, presentaron las divergencias más amplias en los mismos años que en los análisis anteriores (2002 y 2005, respectivamente). Asimismo, las mayores similitudes aparecieron entre los años impares en el tipo *Cladosporium* y de los años pares en *Ustilago*. En el tipo *Agaricus* se observaron divergencias entre todos los años, mientras que *Boletus*, homogéneo en cuanto a comparación entre medias se refiere, presentó diferencias estadísticamente significativas entre los dos últimos años de muestreo.

Test de Kolmogorov-Smirnov (diferencias más extremas absolutas)						
	2002-2003	2002-2004	2002-2005	2003-2004	2003-2005	2004-2005
Aspergiláceas	0,155***	0,085NS	0,254***	0,209***	0,367***	0,203***
<i>Agaricus</i>	0,275***	0,130**	0,513***	0,382***	0,343***	0,606***
<i>Boletus</i>	0,045NS	0,068NS	0,088NS	0,065NS	0,102NS	0,133**
<i>Cladosporium</i>	0,258***	0,198***	0,295***	0,110*	0,065NS	0,139**
<i>Didymella</i>	0,122*	0,048NS	0,215***	0,088NS	0,093NS	0,167***
<i>Ustilago</i>	0,150**	0,068NS	0,235***	0,184***	0,374***	0,215***

Tabla 4.81. Análisis de las distribuciones presentadas por los diferentes tipos de esporas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

4.3.3.1. Tipo Agaricus

Descripción



El género *Agaricus* L., Sp. Pl.: 1171 (1753), que le da nombre a este tipo esporal, se incluye en el grupo de los denominados hongos verdaderos, dentro de Basidiomycota, entre los que se encuentran los conocidos como setas típicas, hongos yesqueros, hongos gelatinosos, carbones, royas, etc. Este género del orden Agaricales y comprendido en la familia Agaricaceae tienen una distribución cosmopolita, pudiendo aparecer tanto sobre sustrato terroso, siendo típicas de áreas con hierba, abiertas y abonadas, como sobre hojas muertas, madera o excrementos. Forman un basidiocarpio carnoso con un píleo blanco o pardo-grisáceo, con anillo, sin volva y pie fácilmente separable del sombrerillo. Las láminas son de color claro que se oscurecen al madurar, conteniendo en su superficie los basidios.

Se han descrito más de 90 especies de este género en Europa y se estima que este número a nivel mundial supere las 200 especies (Calvo-Bado *et al.*, 2000), la mayoría de las cuales son saprófitas y algunas parásitas. Muchas de ellas son comestibles y algunas se encuentran ampliamente cultivadas como *A. bisporus* (champiñón). *A. xanthodermus* presenta algunas toxinas que pueden causar problemas gastrointestinales.

Basidiosporas: esporas unicelulares, de 4-8,5 (incluso hasta 13) x 2,5-7 μm , de elipsoidales a ovoides, color pardo-oscuro y superficie lisa.

Variación estacional

Este tipo esporal ha presentado un índice esporal anual medio de 108.541. Sin embargo se han observado grandes diferencias entre los años de estudio, especialmente si comparamos el índice de 21.470 esporas registradas en el año 2004 con el de 248.026 alcanzado en el 2005, representando el 5% y el 57% respectivamente del total del periodo muestreado para este tipo esporal (Fig.4.165).

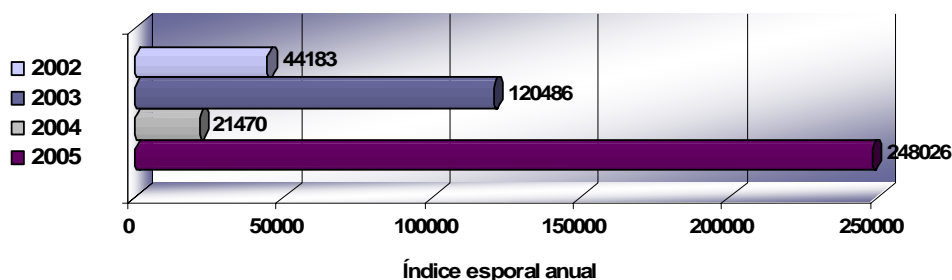


Fig.4.165. Índice esporal anual del tipo *agaricus* para los años estudiados.

Los índices esporales mensuales experimentaron una gran variación entre unos años y otros mostrando por lo general los mayores valores durante la época otoñal e invernal, a excepción del año 2004 que presentó el mayor índice mensual en mayo (Fig.4.166). El índice más elevado se produjo en febrero del año 2005 donde se alcanzó un valor de 52.379 esporas. Mientras que en los tres primeros años los valores más bajos se detectaron en los meses de verano, el año 2005 presentó los menores niveles en el mes de noviembre. Cabe destacar, aunque con valores mínimos en algunos casos, la presencia de este tipo esporal durante todo el año.

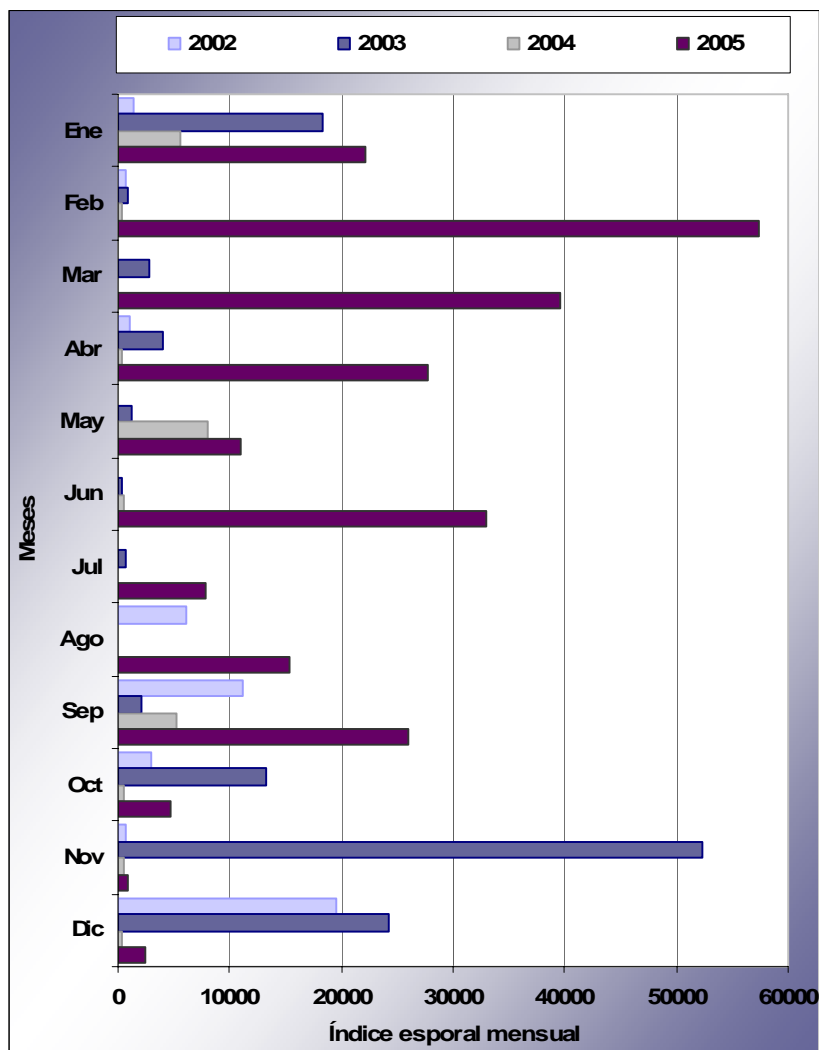


Fig.4.166. Índice esporal mensual del tipo *Agaricus* durante los años 2002-2005.

Como se ha comentado previamente, el comportamiento en lo referente a distribución esporal difirió en gran medida en los diversos años de estudio. Sin embargo, en los tres primeros años se puede apreciar con mayor claridad un patrón en el que se producen tres picos a lo largo del año. Uno en otoño, un segundo a finales o principios de año y un tercero en los meses primaverales (Fig.4.167). En todos los picos se observó una oscilación de la fecha y duración dependiendo del año. En el año 2005 también se apreciaron estos picos, aunque con unas concentraciones medias diarias mucho más elevadas, acompañados de otros no presentes en los restantes periodos de muestreo. Así, el valor diario máximo absoluto se alcanzó el día 3 de agosto con 5.357 esporas/m³. Este año fue también el que registró un mayor número de días con presencia de esporas, siendo solamente 6 los días sin registro. En los demás años, esta cifra se eleva a 96 días como media. Mientras que el año 2004 no superó en ningún momento las 1.000 esporas/m³, el año 2005 lo hizo en el 26% de los días.

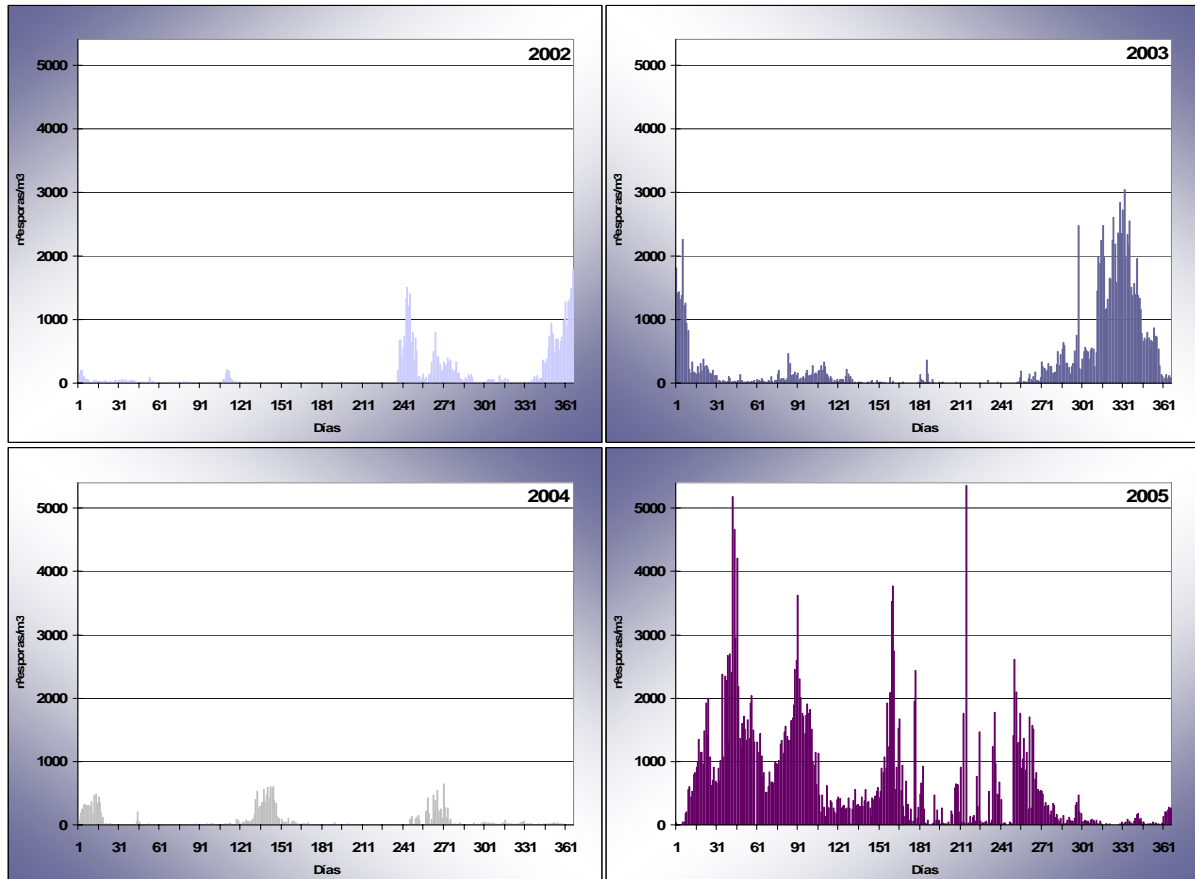


Fig.4.167. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Agaricus* para cada uno de los años estudiados.

Variación intradiaria

Atendiendo a la distribución intradiaria se observó que las menores concentraciones se alcanzaron durante las horas medias del día. No se encontraron grandes diferencias entre los resultados de las diferentes metodologías aplicadas, siendo lo más destacado el mayor IDI obtenido con la metodología 2, en la que se alcanzó un valor de 0,09.

En ambos casos se registraron las mayores concentraciones en la franja horaria comprendida entre las 6 y las 8 de la mañana, apareciendo un pico más pronunciado en la metodología 2 en el que superó el 13% de la concentración total diaria. De modo opuesto, entre las 10 y las 16 horas resultó ser el periodo horario con menores concentraciones de este tipo esporal, no llegando a superar el 5% de la concentración total diaria.

Tras el pico de concentración producido entre las 6-8 h, se empieza a producir un descenso de los niveles encontrados en la atmósfera de la cueva que no vuelven a incrementarse hasta las 14-16h.

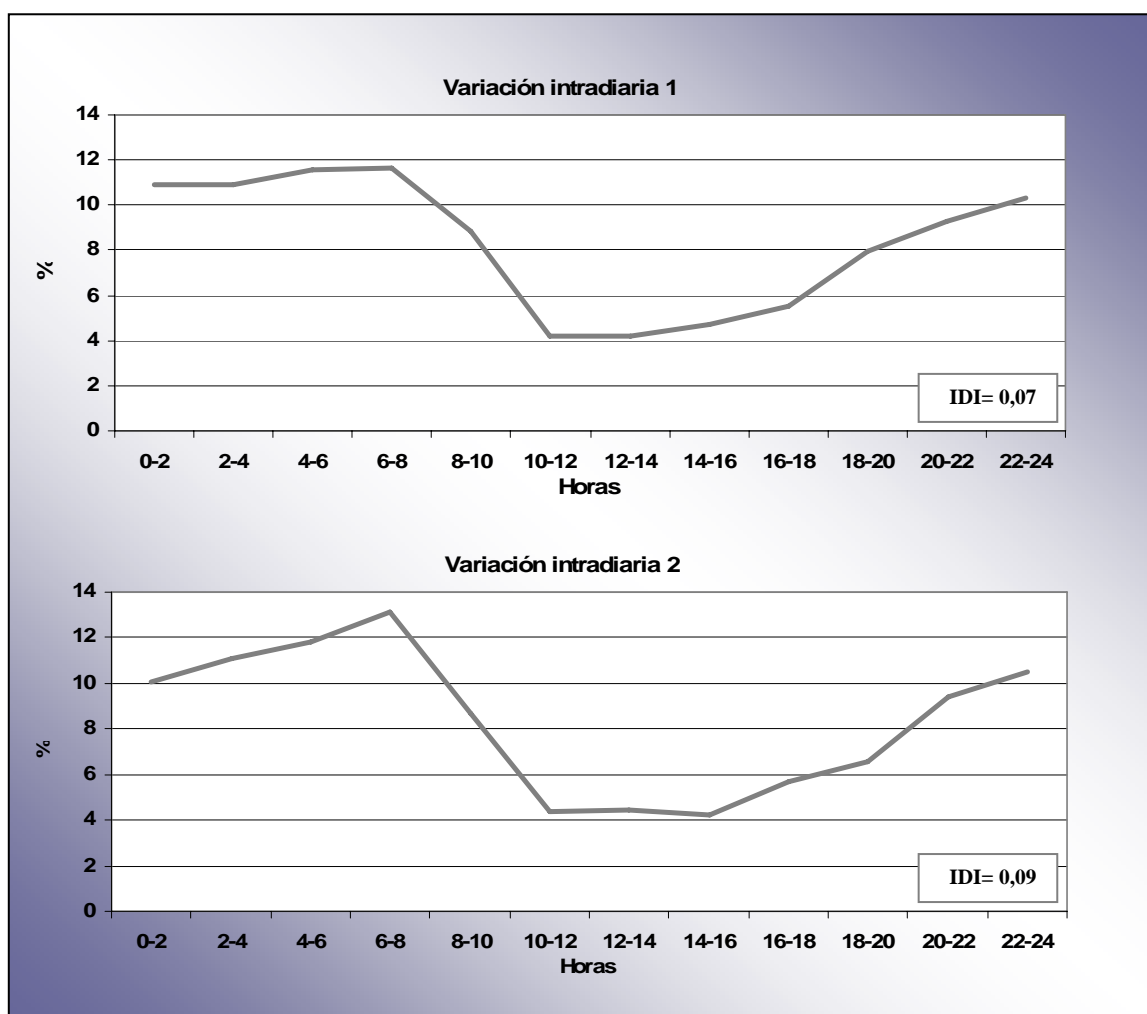


Fig.4.168. Variaciones de la distribución intradiaria de las esporas de *Agaricus* a lo largo de los años de estudio.

Análisis de correlación

El análisis de correlación establecido con la humedad relativa en el interior de la cueva mostró una asociación negativa y significativa en el caso de la concentración media diaria, con un valor de Rho de -0,48 (Tabla 4.82).

En el caso de las medias mensuales este grado de asociación, a pesar de presentar la misma tendencia, no resultó estadísticamente significativo.

Correlación de Spearman		
	N	Rho
Hr (media diaria 2002-2003)	363	-0,482***
Hr (media mensual 2002-2003)	12	-0,437NS

Tabla 4.82. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones esporales del tipo *Agaricus* y la humedad relativa. *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Comentarios y discusión

Se trata de las basidiosporas más abundantes halladas en el interior de la cueva, alcanzando concentraciones mucho más elevadas que las obtenidas por otros autores en ambientes exteriores de localidades próximas como Sevilla (Morales *et al.*, 2006) o Sierra de Hornachuelos en Córdoba (Bustos, 2006) y Madrid (Díez *et al.*, 2006), donde en el mejor de los casos alcanzan índices anuales próximos a 6400. En todos ellos, la basidiospora más frecuente fue el tipo *Coprinus*, mucho menos habitual en nuestro muestreo.

Son muy escasos los estudios similares realizados en interiores ya que, aunque el número de trabajos realizados en edificios públicos, casas, hospitales, iglesias, bodegas, etc. (Hameed *et al.*, 1999; Rainer *et al.*, 2000; Simeray *et al.*, 2000; Baxter *et al.*, 2005; Aira *et al.*, 2007; Tsai *et al.*, 2007) entre otros, es elevado, el método más ampliamente empleado es el viable con placa de cultivo, en el que no aparecen gran parte de los basidiomicetos. Lee *et al.* (2006) ha comparado las concentraciones de esporas fúngicas en ambientes interiores y exteriores con un método no viable, hallando un menor número de esporas en el interior en relación con el exterior.

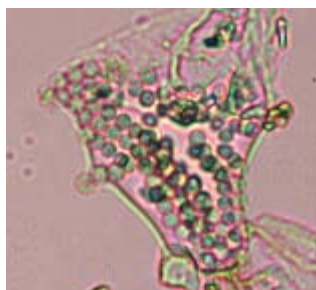
La época en la que se apreciaron las mayores concentraciones de esporas coincidió con la descrita en otros estudios en ambientes exteriores mencionados anteriormente, prolongándose en Nerja durante un periodo más largo quizás por la mayor suavidad del clima mediterráneo, y con una mayor presencia esporal durante la noche con respecto al total del día, con un ligero pico antes del amanecer, como acontece con otras basidiosporas y ascosporas (Burge, 1986; Troutt & Levetin, 2001; Morales, 2004).

Los basidiomicetos necesitan la presencia de agua para el desarrollo y liberación de las esporas (Jones *et al.*, 2004). En nuestro caso, las correlaciones establecidas entre las precipitaciones acaecidas con el incremento de las concentraciones de estas esporas resultaron positivas y significativas, aunque no muy elevadas (0,204***), si bien cabe destacar que los periodos de mayores lluvias estuvieron seguidos por un incremento en los niveles esporales. Esto puede deberse a que, al parecer, lo más importante para que se produzca la liberación de las esporas es que se alcance cierto nivel de humedad, más que los procesos puntuales de lluvia (Troutt *et al.*, 2001) lo que justificaría esta baja correlación entre los datos diarios pero la asociación con periodos lluviosos.

Sin embargo, el análisis de correlación entre la humedad relativa y la concentración de esporas existente en el interior de la cueva resultó negativo. Esto puede estar debido a que aunque la presencia de humedad es un factor fundamental para la liberación de dichas esporas, tras este proceso de liberación y transporte a cierta distancia de la fuente de origen, el papel que juega la humedad en la flotabilidad de las esporas puede llegar a ser el opuesto, especialmente en el interior de la cueva donde las turbulencias son menores, dificultando la permanencia de las esporas en la atmósfera y favoreciéndose así la deposición gravitacional.

4.3.3.2. Tipo Aspergiláceas

Descripción



En este tipo se incluyen las esporas pertenecientes a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* debido a la imposibilidad de distinción de sus esporas a través de su observación al microscopio óptico.

- El género *Aspergillus* Micheli ex Link, *Observ. Mycol.* (Lipsiae) 1: 16 (1809) comprende hongos filamentosos y cosmopolitas que son frecuentes en tanto en el suelo como en restos vegetales, así como en alimentos y ambientes interiores. Se considera el anamorfo de muchos géneros de la familia Trichocomaceae (Ascomycota), conociéndose sólo el teleomorfo (*Emericella*, *Eurotium*, *Fennellia*, *Neosartoria*, *Petromyces*, *Scleroclista* entre otros) de algunas especies (Abarca, 2000). Las hifas son septadas e hialinas formando colonias de crecimiento rápido, de color blanco, amarillo, verde, marrón e incluso negras.

Este género incluye alrededor de 185 especies algunas de las cuales han sido descritas como patógenos e importantes agentes parásitos oportunistas tanto de animales como del hombre. Muchas especies son productoras de micotoxinas capaces de provocar enfermedades, así como causantes de alergias (Kurup & Banerjee, 2000). Por la reducidas dimensiones de sus esporas, gran parte de éstas penetran en los alvéolos (aproximadamente el 70% en el caso de la respiración oral) (Reponen, 1995) cobrando un especial interés en el ámbito clínico por estar asociadas a un amplio espectro de enfermedades respiratorias, así como otras patologías incluyendo diferentes formas de aspergilosis (Tomee & Van Der Werf, 2001; McDevitt *et al.* 2004). A nivel industrial se emplea en la producción de diversos alimentos como el pan, medicamentos como cortisonas, resultando ser, además, un agente implicado en la descomposición del plástico.

- El género *Penicillium* Link, *Magazin Ges. Naturf. Freunde, Berlín* 3: 16 (1809) integra hongos filamentosos, a excepción de *P. marneffei* que presenta dimorfismo dependiente de la temperatura, cosmopolitas, que están presentes en el suelo, aire, restos vegetales, comida, celulosa, semillas e incluso ha sido aislado del combustible diesel. Es el anamorfo de muchos géneros de la familia Trichocomaceae (Ascomycota), teniendo en especies de los géneros *Eupenicillium*, *Hamigera*, *Trichocoma* y *Talaromyces* el teleomorfo.

Hifas hialinas septadas, formando colonias planas de rápido crecimiento, de textura aterciopelada, lanosa o algodonosa. Las colonias presentan un color inicialmente blanco, pasando a verde azulado, grisáceo, verde oliváceo, amarillento e incluso rosado con el paso del tiempo.

Este género está constituido por unas 200 especies algunas de las cuales pueden causar infecciones en el hombre conocidas como peniciliosis, aunque la mayoría se producen en personas inmunodeprimidas. Es un alérgeno común causante de reacciones alérgicas de Tipo I y III, así como reacciones cutáneas (Burge, 1985). También son productores de micotoxinas que en el caso de la ocratoxina A (también producida por *Aspergillus*), encontrada en cultivos de cereales y otros frutos como el cacao o las uvas almacenadas, puede llegar a ser carcinogénica. También se emplean en la elaboración de diversos productos alimenticios tales como algunos quesos, así como medicamentos.

Conidios: unicelulares y de globosos a elipsoidales, de 2-5 μm de diámetro, hialinos, ligeramente verdosos o pigmentados y de superficie lisa o rugosa.

La diferencia entre los dos géneros anteriormente descritos radica en la morfología del conidióforo y disposición de las esporas. Así, los conidios del género *Aspergillus* pueden observarse con frecuencia formando cadenas radiales o en columna sobre las fiálides que uniseriadas o biseriadas mediante las métulas se unen a la vesícula de forma globosa que no se ramifica. Sin embargo, en el género *Penicillium* los conidios se desarrollan formando cadenas simples basípetas en los extremos del conidióforo que se encuentra ramificado. Las fiálides, en forma de maza, se disponen en forma característica ya que se agrupan a modo de pincel.

Variación estacional

Este tipo esporal ha presentado un índice anual medio para el periodo estudiado de 430.032. Los índices esporales anuales mostraron valores similares en los diferentes años excepto en el caso del año 2003 en el que éste se elevó a 741.521. Mientras que los dos últimos años presentaron índices de casi 300.000 como media, éste se vio ligeramente incrementado en el año 2002, con cerca de 100.000 esporas (Fig.4.169).

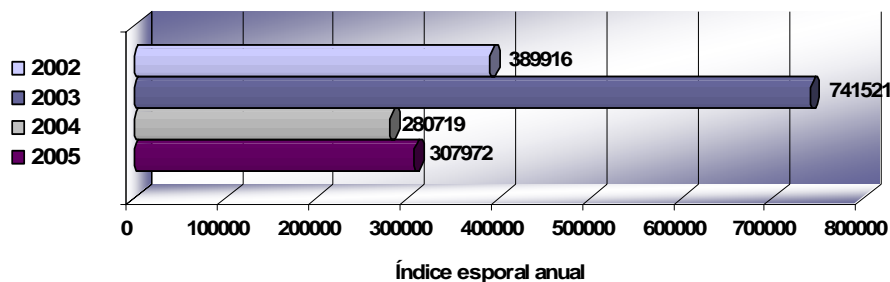


Fig.4.169. Índice esporal anual del tipo Aspergillaceae para los años estudiados.

En relación con los índices esporales mensuales cabe destacar que los meses estivales fueron los que registraron los mayores niveles, en especial el mes de julio que llegó a representar más del 70% del índice anual de este tipo esporal en el año 2003. El mes de agosto fue el segundo por orden de abundancia en todos los años excepto en el año 2004, en el que el mes de junio supuso un mayor aporte al índice anual. Por el contrario, aunque en todos los meses se detectó la presencia de este tipo esporal, con un valor mínimo de 784 en diciembre de 2005, los meses con un menor porcentaje de aspergílaceas fueron aquellos que van de enero a mayo (Fig.4.170).

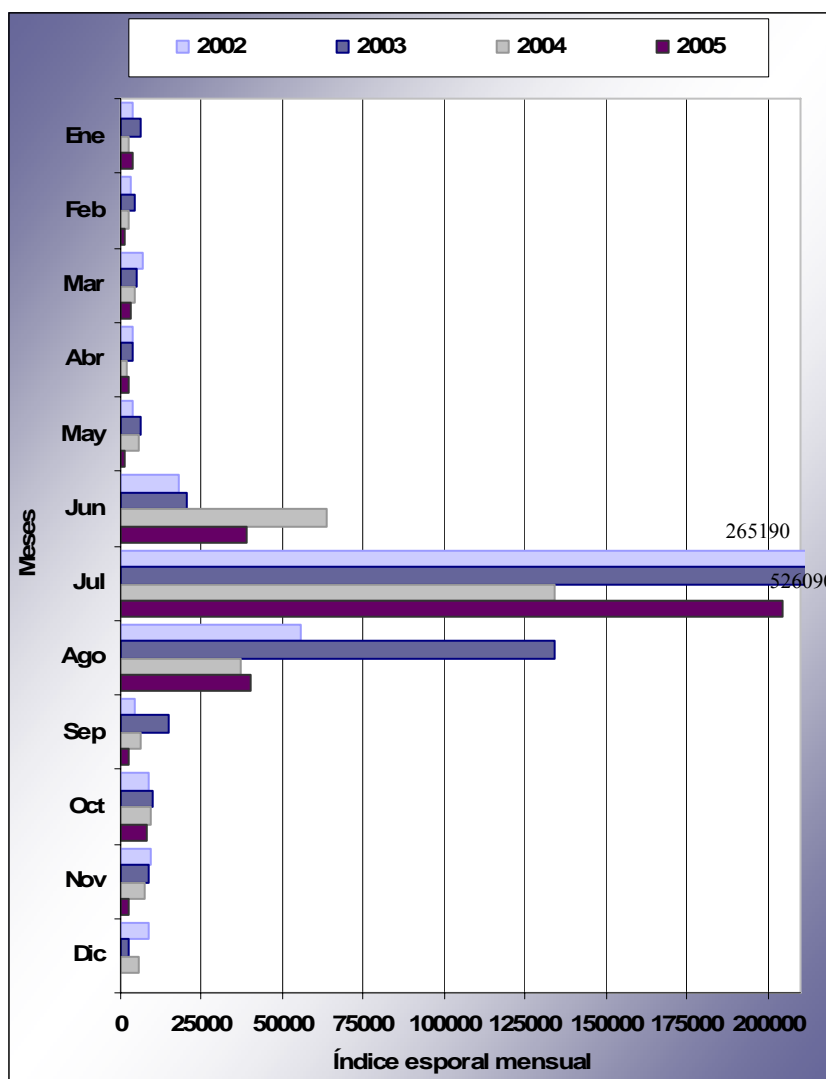


Fig.4.170. Índice esporal mensual del tipo Aspergílaceas durante los años 2002-2005.

La distribución de las concentraciones diarias mostró un característico patrón similar en los 4 años estudiados en los que se observa un pronunciado pico que alcanzó el máximo absoluto el día 29 de julio de 2003, con 282.064 esporas/m³. Los días pico de los demás años se produjeron en una fecha muy similar, en un rango comprendido entre el 26 y el 30 de julio.

A pesar de la presencia de esporas durante la inmensa mayoría de los días del año (sólo una media de 7 días con valor cero), el 40% de los días contienen menos de 100 esporas/m³, siendo el 12% de los días como media los que superan las 1.000 esporas/m³, fenómeno que se concentra en el periodo que da comienzo generalmente a finales de junio hasta mediados de agosto, excepto en el año 2004 en el que se registró un aumento ya a principios del mes de junio (Fig.4.171).

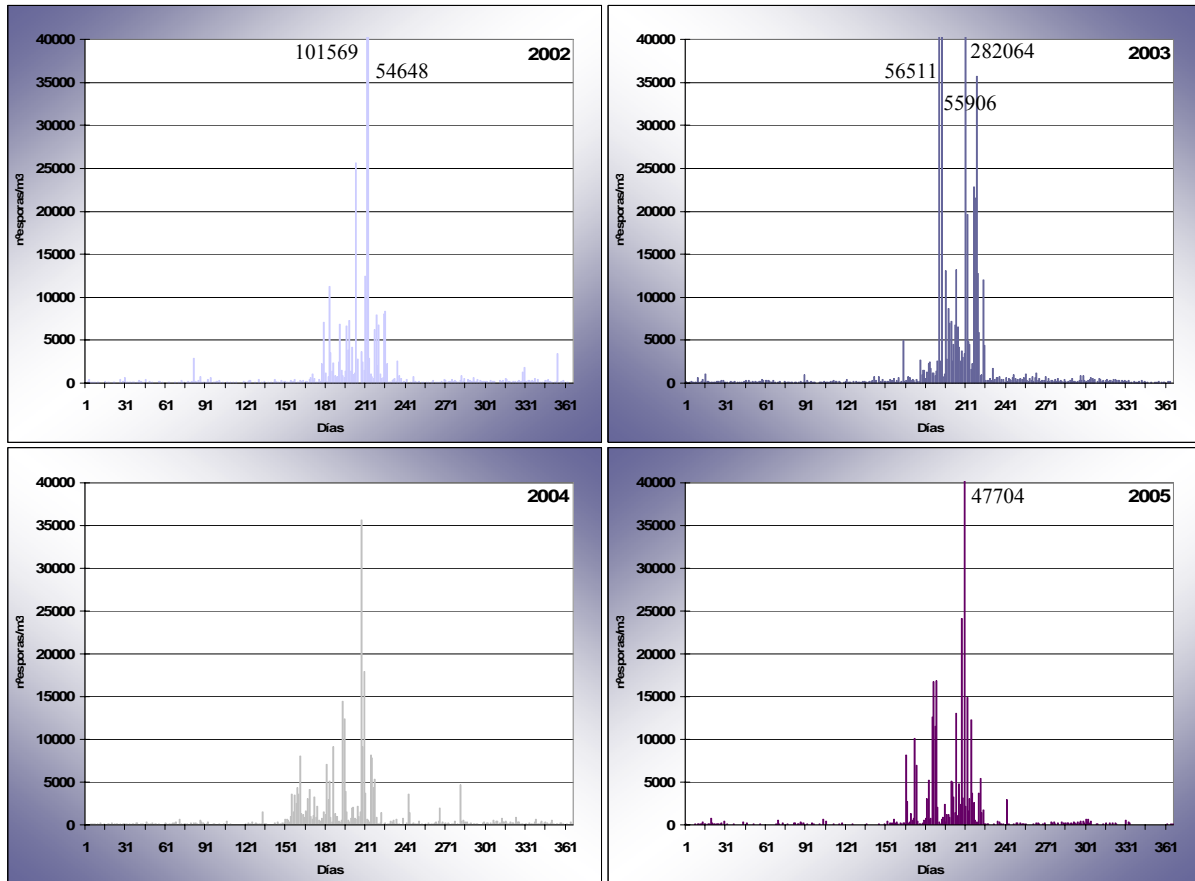


Fig.4.171. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Aspergiláceas para cada uno de los años estudiados.

Variación intradiaria

Tras la realización de las dos metodologías expuestas en el capítulo de material y métodos se observa que en la variación intradiaria denominada 1 (porcentaje resultante de las sumas de las concentraciones en las diferentes franjas horarias de todos los días seleccionados), aparece un pico en la concentración de esporas en el interior de la Cueva de Nerja entre las 12 y las 14h, superando el 20% de la concentración diaria de este tipo polínico. Este incremento comienza entre las 6-8h hasta las 16-18h en el que se alcanzan niveles más bajos (Fig.4.172).

Si se emplea la metodología 2 (porcentaje resultante de la suma de los porcentajes de cada hora del día en relación con cada uno de los días seleccionados), aunque no se encontraron grandes diferencias, además de ese pico anteriormente comentado alrededor del mediodía, se registró una concentración de esporas mayor entre las 8 y las 10h. Por el contrario, el IDI presentó un valor inferior que el resultante de la aplicación de la metodología 1, existiendo por lo tanto una diferencia menor entre la franja horaria de más baja concentración frente a la de mayor niveles esporales a lo largo del día (2,6 y 16,7%, respectivamente).

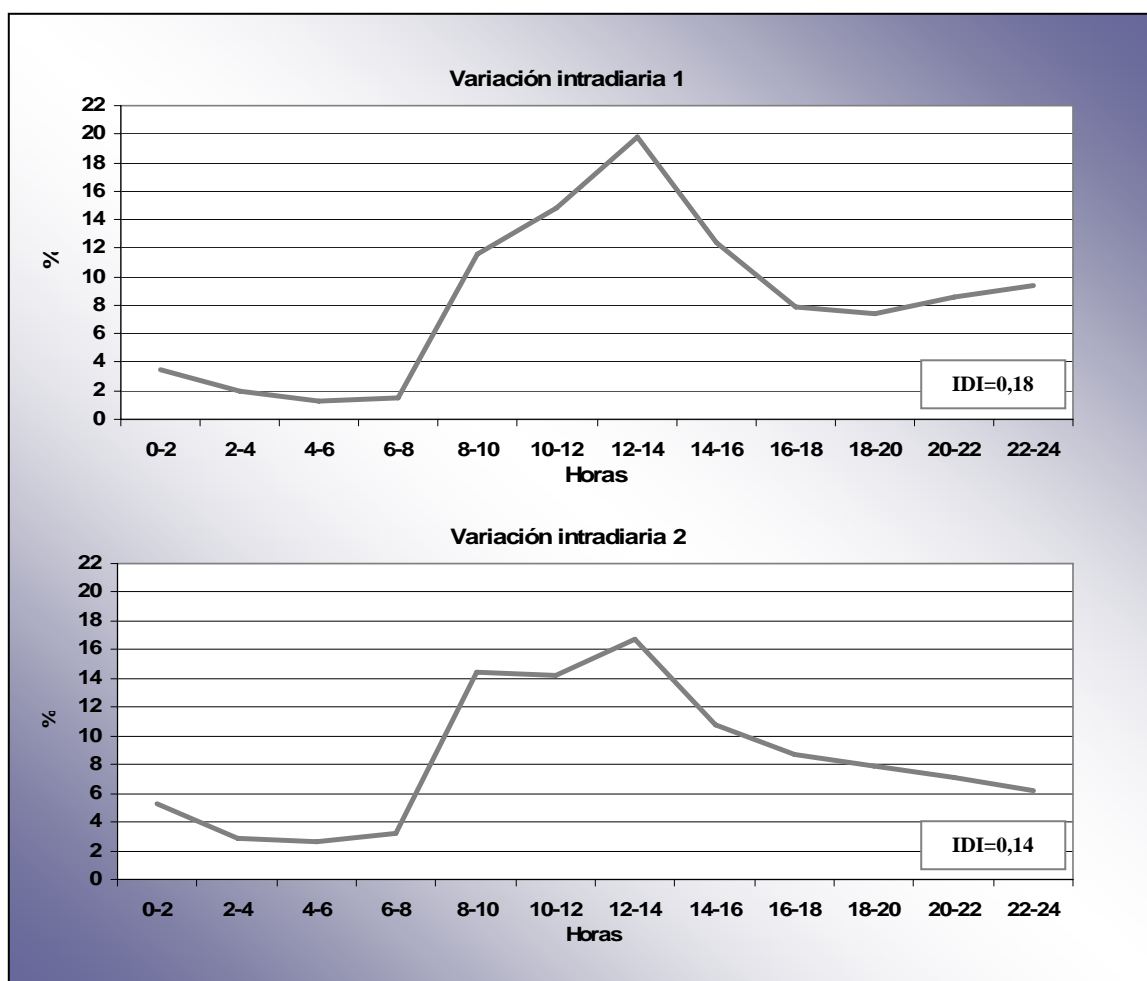


Fig.4.172. Variaciones de la distribución intradiaria de las esporas del tipo Aspergíleas a lo largo de los años de estudio (2002-2005).

Análisis de correlación

El análisis de correlación establecido con el único parámetro meteorológico disponible en el interior de la cueva mostró una asociación positiva y significativa entre la concentración media diaria y la humedad relativa existente, con un valor de rho superior a 0,6 (Tala 4.83).

En el caso de las medias mensuales este grado de asociación se eleva, alcanzando un valor de $\rho = 0,83$.

Correlación de Spearman		
	N	Rho
Hr (media diaria 2002-2003)	363	0,634***
Hr (media mensual 2002-2003)	12	0,829**

Tabla 4.83. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones esporales del tipo aspergíleas y la humedad relativa. **0,001<p≤0,01, ***p≤0,001.

Comentarios y discusión

Se trata, con diferencia del tipo esporal más abundante en la atmósfera de la Cueva de Nerja, estando catalogado como de fácil dispersión por el viento y los insectos. Aunque su presencia en el interior es constante a lo largo de todo el año, observamos que la forma de la distribución de las aspergílaceas no se corresponde con el comportamiento usual que describen otros autores. Al analizar la distribución estacional de las esporas se observó un patrón de comportamiento bastante común en los cuatro años de muestreo, con unas concentraciones que se mantienen en valores bajos gran parte del periodo anual para experimentar un espectacular incremento en los meses de verano. Si nos centramos en este periodo estival, cabe destacar además de ese incremento en las cantidades esporales, un elevado pico puntual que sólo tiene lugar un día al año para, a continuación, descender los niveles drásticamente.

Otros autores (Lehtonen *et al.*, 1993) ya han reportado la variación de los niveles esporales en interiores de hogares ocasionadas fundamentalmente por actividades cotidianas tales como la limpieza o transporte por animales de compañía o en la ropa y aunque ya se habían realizado estudios en la cueva (Docampo *et al.*, 2003) en el que se encontraron variaciones intradiarias posiblemente causadas por este tipo de actividades, ya que coincide con el horario de apertura y mayor número de visitantes, no eran suficientes para explicar este elevado incremento en la concentración de esporas objeto de este trabajo. Además de la aparición año tras año de este elevado ascenso, tenemos que señalar la casi coincidencia en la fecha de los mismos ya que como se comentó en los resultados, estos picos tuvieron lugar los días 30, 29, 26 y 28 de julio en los años 2002, 2003, 2004 y 2005, respectivamente. Para explicar este repentino máximo de concentración, analizamos las diferentes actividades realizadas en la cueva, ya que se al tratarse de un complejo turístico altamente visitado, las condiciones naturales pueden verse bastante alteradas. En primer lugar, se descartó la idea de que pudiese tratarse de un hecho aislado y puntual ocasionado por la sucesión de una serie de fenómenos físicos difícilmente reproducibles, y en mayor o menor medida, producto de la casualidad por tratarse de sucesos que se repitieron periódicamente en todos los años estudiados. Por otro lado, tampoco puede ser producto de un fenómeno acontecido en el exterior porque, aunque existen evidencias de la entrada de partículas procedentes del exterior a través de las aberturas de la cueva debido a las corrientes de aire que se establecen (Docampo *et al.* 2003), se realizó el recuento de estos tipos esporales durante el día pico, así como los días previo y posterior de los dos primeros años de estudio gracias a la presencia de un captador situado en el exterior a escasos metros de la entrada a la cueva, observándose que en el exterior el número de esporas era considerablemente menor, no superando en el mejor de los casos las 700 esporas/m³ frente a las más de 280.000 esporas para ese mismo día en el interior. Esto muestra que el contenido esporal del exterior apenas representa una media de un 1.1 % con respecto a los niveles del interior de la cueva. Por este motivo, nos centramos en las actividades que acontecían en la cueva, como el hecho de que cada año se realiza un Festival de música y danza en el interior con el consecuente montaje de un escenario compuesto por planchas de madera. Éstas son las mismas de un año para otro y debido a la elevada humedad relativa existente, especialmente

en verano en que se llega en muchas ocasiones casi al 100%, se favorece en gran medida la proliferación y esporulación de hongos en dichas planchas de madera, pudiéndose incluso observar grandes manchas que corresponden a las colonias en desarrollo. Este festival tiene lugar a finales de julio y una duración de 5 días. Sin embargo, el pico pese a la gran actividad desarrollada en la cueva en este periodo, tanto en la preparación como durante el desarrollo del espectáculo, aparece pocos días después de finalizado el festival. Tras consultar con los trabajadores pudimos ver que estos valores máximos de concentración coinciden con el desmontaje de dicho escenario ya que para ello proceden a golpear los tablones para desensamblarlos y llevarlos al exterior. Ese transporte y movimiento de tablones provoca la dispersión de las esporas y por lo tanto el fuerte incremento de los niveles en el aire.

Los géneros pertenecientes a *Aspergillus* y *Penicillium* son los más abundantes en la mayor parte de los trabajos en interiores (Emberlin *et al.*, 1995; Singh & Singh, 1999; Chakraborty *et al.*, 2000; Chandra & Chanda, 2000; Portnoy *et al.*, 2001) entre otros, siendo uno de los primeros colonizadores en ambientes interiores capaces de crecer incluso en deficiencia de nutrientes (Korpi *et al.* 1997). Sin embargo, no existe demasiada homogeneidad en los resultados. Así, los valores obtenidos por Chakraborty *et al.* (2000) para 5 ambientes interiores diferentes oscilaron desde poco más de las 800 esporas/m³ hasta niveles superiores a las 1.600 esporas. Mientras que en otro estudio registraban desde cantidades inferiores a las 1.000 esporas/m³ en hogares catalogados como limpios hasta una media de 40.000 esporas en edificios públicos considerados como espacios contaminados por hongos (Baxter *et al.* 2005). En nuestro caso, los valores más elevados fueron de más de 280.000 esporas/m³ como media diaria. En este caso no se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica en la que aparezca un estudio similar que haga posible una comparación de los resultados obtenidos, de modo que hemos recurrido a otros realizados en interiores con las limitaciones y puntualizaciones expuestas anteriormente. Buzina *et al.* (2002) halló esporas en la mucosidad nasal de un cierto número de personas estudiadas, resultando ser dos de los géneros más abundantes, mientras que Gupta *et al.* (2002) comentan en su artículo que son una de las primeras causas de infecciones fúngicas en hospitales. Estudios realizados en interiores contaminados confirman a *Aspergillus* como un agente potencial con capacidad para provocar efectos nocivos en la salud (Jussila & Komulainen, 2002). Ya se ha mencionado con anterioridad su capacidad productora de toxinas (Pitt 2000). Aunque gran parte de las especies no son peligrosas o sólo afectan a personas inmunodeprimidas o alérgicas, en condiciones ambientales favorables pueden producir toxinas (Schuster *et al.* 2002). Esas condiciones suelen ser temperaturas cálidas acompañadas de una elevada humedad relativa (Alexopoulos & Mims, 1985; Korpi *et al.* 1997), características que se producen en nuestro punto de muestreo ya que se trata de una cueva encuadrada en la cuenca mediterránea. Como ya se ha comentado no existen criterios estandarizados que permitan establecer si los valores obtenidos en el interior de la cueva están comprendidos dentro de un nivel de alto riesgo, pero lo que sí podemos afirmar es que las concentraciones son lo suficientemente elevadas como para causar problemas en la salud humana, especialmente durante el verano, coincidiendo con la mayor afluencia de visitantes.

4.3.3.3 Tipo *Boletus*

Descripción



El género *Boletus* Fr., *Syst. Mycol.* (Lundae) 1: 385 (1821) perteneciente a Basidiomycota, orden Boletales, familia Boletaceae, está incluido en el denominado grupo de hongos productores de setas típicas cuyo principal hábitat es el bosque de planifolios, generalmente encinas y castaños, bajo coníferas y en territorios con especies del género *Cistus*. El basidiocarpio es muy carnoso, con cutícula blanca, gris-ocre, rosa, anaranjada, rojiza, pardo-amarilla, marrón claro a oscuro o casi negro.

Himenio poroso con tubos separables de libres a adnados, blancos, amarillos, verde oliváceos o azulados, con poros finos y redondos y pie robusto y ventrudo con o sin retículo.

Género con más de 200 especies micorrícicas y con algunas especies de interés culinario. Algunas presentan toxinas. Han sido descritas reacciones alérgicas a sus esporas, con una elevada tasa de sensibilización en pacientes (Hebling et al., 1999).

Basidiosporas: esporas unicelulares, elipsoides, fusiformes o amigdaliformes, de 9-18 (hasta 22) x 3,5-8 μm , hialino-amarillentas y de superficie lisa.

Variación estacional

Este tipo esporal, típico de los periodos más lluviosos, presentó un índice esporal anual medio superior a las 49.000 esporas (Fig.4.173). Sin embargo, el índice de esporas anual fue muy irregular, con el máximo valor en el año 2003 en el que se registraron niveles que duplicaron a los del año 2002 (año con menor índice anual).

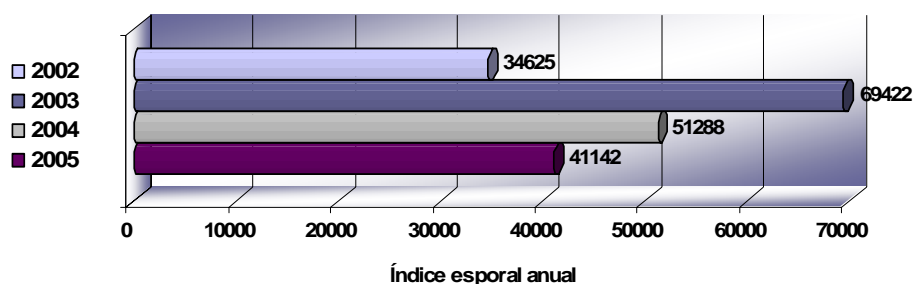


Fig.4.173. Índice esporal anual del tipo *Boletus* para los años estudiados.

En relación con las distribuciones mensuales cabe destacar que los máximos índices mensuales se registraron en el último mes del año en todos los casos excepto en el año 2003 que se localizó en noviembre. Los años 2003 y 2004 presentaron el 92% del índice anual concentrado en los tres últimos meses del año, mientras que en los años 2002 y 2005 los niveles más elevados estuvieron repartidos entre el último y primer trimestre del año. Por el contrario, los menores índices esporales mensuales se detectaron en los meses de junio, julio y agosto, meses que acumularon sólo el 0,02% del total anual como media (Fig.4.174).

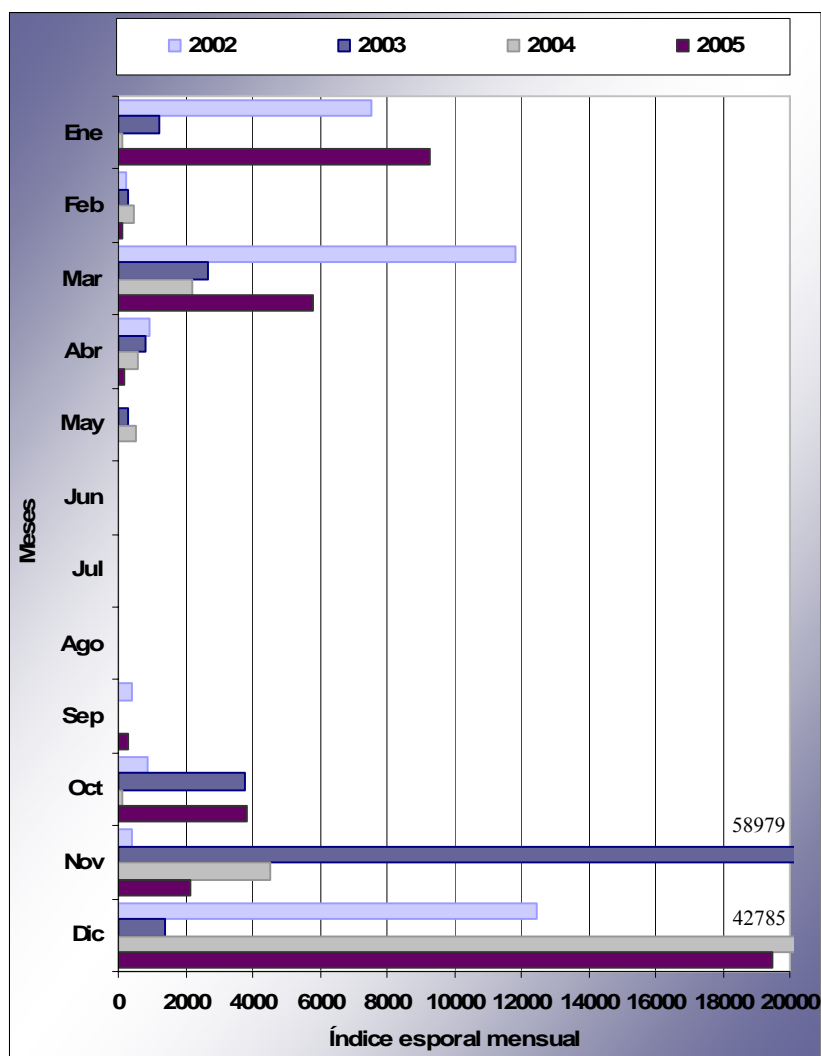


Fig.4.174. Índice esporal mensual del tipo *Boletus* durante los años 2002-2005.

Las distribuciones de las concentraciones medias diarias mostraron un patrón similar en todos los años de estudio, observándose la presencia de dos picos principales, uno de mayor intensidad en todos los años a finales de año, excepto en el año 2002, y otro a finales del periodo invernal. Por término medio, los niveles alcanzados en los años 2002 y 2005 fueron inferiores a los del resto, aunque cabe destacar el incremento de las concentraciones durante el mes de enero, especialmente en el año 2005 en el que se produjo un pico de casi 5000 esporas/m³. Este aumento de los niveles de esporas en los años anteriormente mencionados también se experimentó en el pico de marzo.

El valor máximo diario se registró el 22 de diciembre de 2004 con un valor de 8.208 esporas/m³, aunque esos valores tan extremos sólo se detectaron de modo puntual. Así, el número medio de días que superó las 5.000 esporas/m³ fue tan sólo 2, no encontrándose ninguno en los años 2002 y 2005 en los que únicamente se halló un día con una concentración media diaria superior a las 2.000 y 4.000 esporas/m³, respectivamente. El grueso de las concentraciones se localizó en un rango

comprendido entre las 10 y las 100 esporas/m³ de aire, alcanzándose en 96 días al año como media. Finalmente, el 48% de los días presentaron valores nulos de concentración (Fig.4.175).

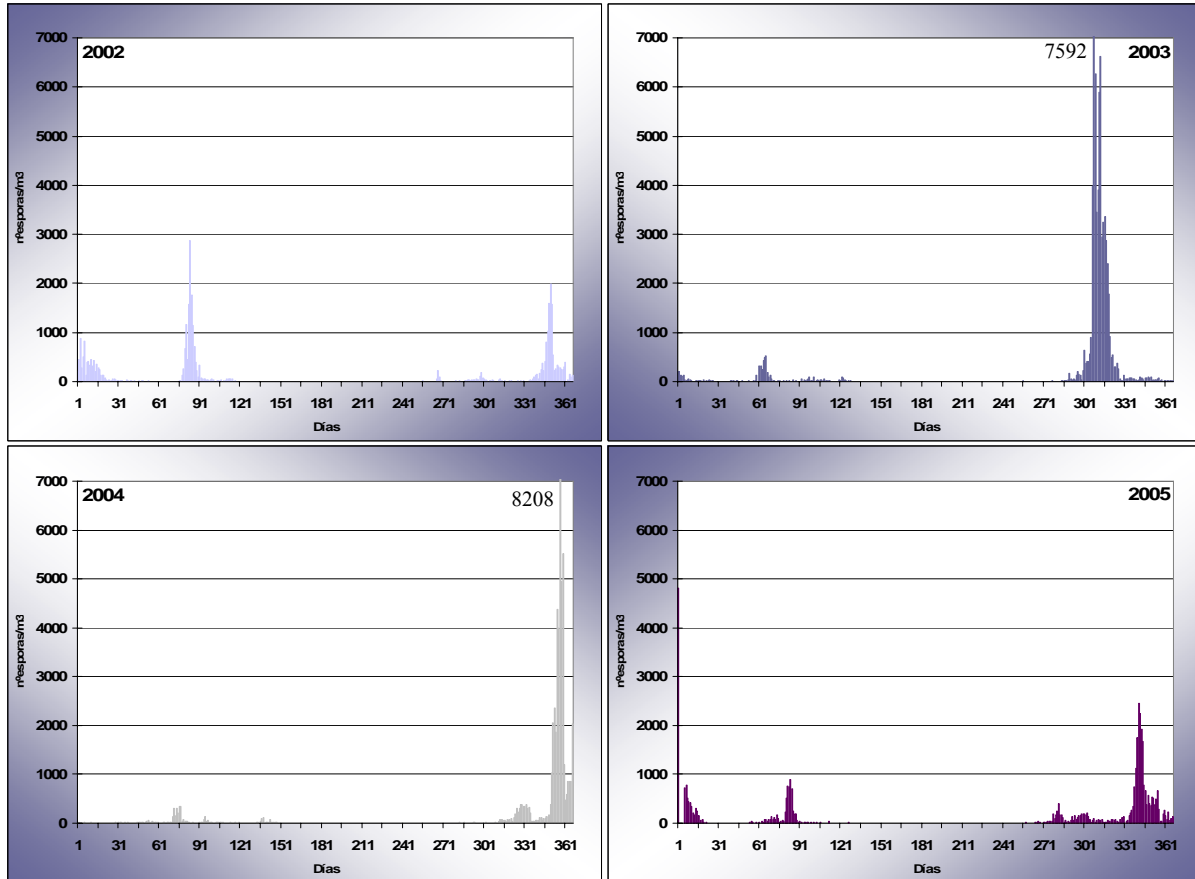


Fig.4.175. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Boletus* para cada uno de los años estudiados.

Variación intradiaria

En las dos metodologías diferentes empleadas se obtuvieron resultados muy similares, con un descenso acusado de los niveles de este tipo esporal en las horas centrales del día. En la franja horaria comprendida entre las 10 y las 18 horas, las concentraciones fueron mínimas, representando solamente valores acumulados de 2 horas que oscilaron entre el 2 y el 3% del total diario. En las horas anteriores y posteriores a este periodo se muestra un ascenso de los niveles alcanzando el máximo en torno a la media noche, con más del 14%. Este pico no aparece tan definido en la metodología 1 que presentó una meseta desde las 20 hasta las 8 horas con entre el 12 y 13% del total diario.

El valor del IDI, aunque resultó bastante similar en ambos casos, presentó un ligero incremento al utilizar la metodología 2, con un valor de 0,12 (Fig.4.176).

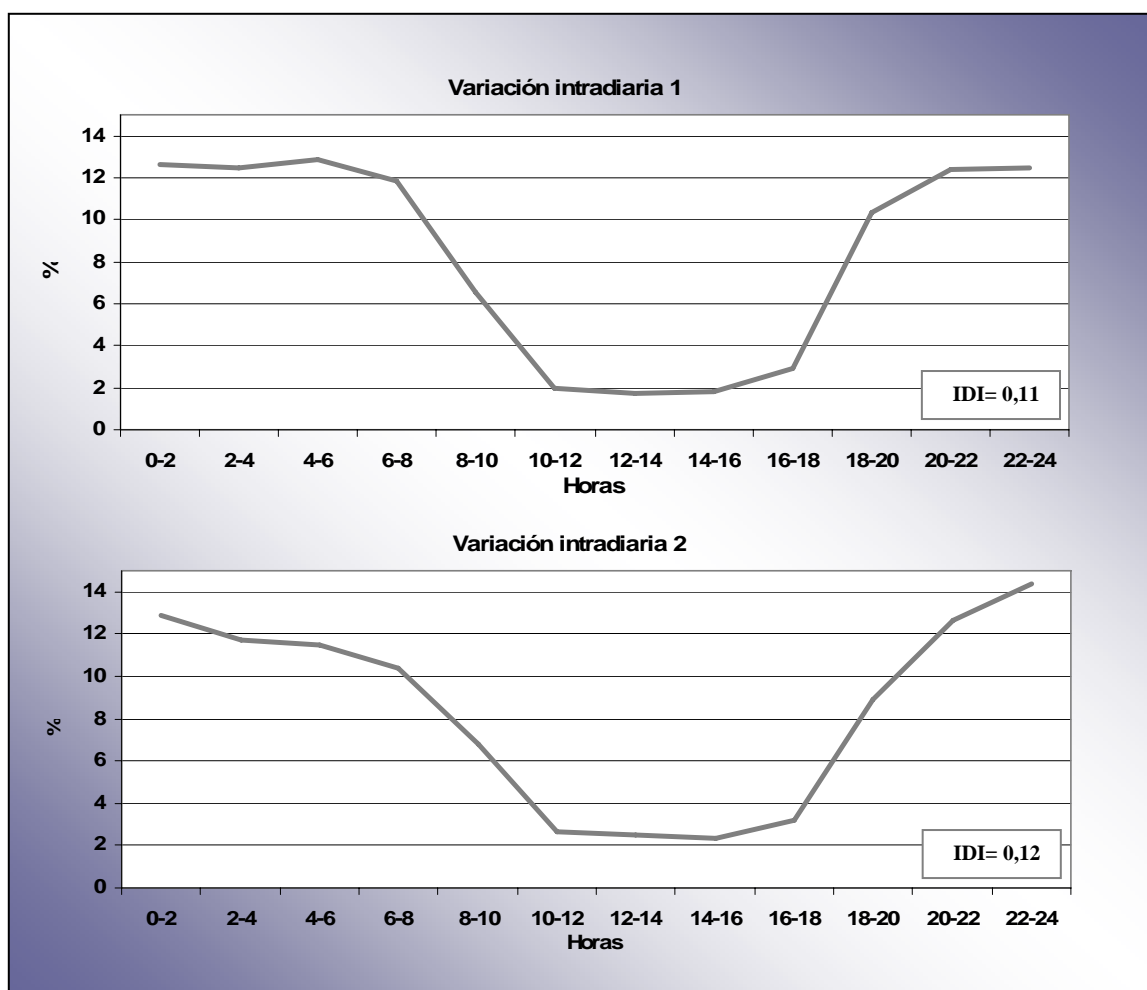


Fig.4.176. Variaciones de la distribución intradiaria de las esporas de *Boletus* a lo largo de los años de estudio.

Análisis de correlación

El análisis de correlación de Spearman mostró una asociación negativa y estadísticamente significativa de las concentraciones tanto diarias como mensuales del tipo *Boletus* con la humedad relativa del interior de la cueva, siendo mayor en el caso de los valores mensuales, con un $\rho = -0,773$ (Tabla 4.84).

Correlación de Spearman		
	N	Rho
Hr (media diaria 2002-2003)	363	-0,678***
Hr (media mensual 2002-2003)	12	-0,773**

Tabla 4.84. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones esporales del tipo *Boletus* y la humedad relativa. ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Comentarios y discusión

Al igual que en el caso del tipo *Agaricus*, el interior de la Cueva de Nerja presenta unos niveles esporales del tipo *Boletus* más elevados que los detectados en otros espacios exteriores. Así, en localidades como Sevilla (Morales *et al.*, 2006) se han registrado niveles medios anuales cercanos a las 3500 esporas, estando entre las principales basidiosporas aerovagantes, al igual que en nuestro lugar de muestreo. Como sucede con otras basidiosporas, no se han encontrado entre la bibliografía consultada referencias de trabajos realizados en interiores con resultados comparables.

El patrón de comportamiento tanto diario como intradiario coincide con el presentado por otras basidiosporas al igual que las pertenecientes al tipo *Agaricus*.

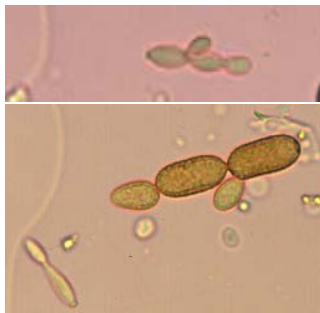
Como se muestran en los análisis de correlación comentados en el apartado anterior, existió una asociación negativa entre la humedad relativa existente en el interior y la concentración de esporas, pudiendo estar causado por la dificultad en la flotabilidad de las esporas que favorece su deposición por la alta humedad.

Por otra parte, se comprobó que se establecía una correlación con signo positivo con las lluvias, es decir, una mayor presencia esporal con las precipitaciones ($r = 0,202$). Aunque se discutirá con mayor detalle en el capítulo siguiente, este factor, unido al hecho de la necesidad de materia orgánica para el desarrollo de los cuerpos fructíferos, así como el que nunca haya sido observado ningún ejemplar en el interior de la cueva, a pesar de los altos niveles esporales detectados, hacen pensar en la posible procedencia del exterior de este tipo de esporas.

A pesar de que *Alternaria* y *Cladosporium* se encuentran entre los tipos esporales más importantes desde el punto de vista alergénico, un estudio realizado por Lehrer *et al.* (1986) obtuvo un porcentaje de prevalencia a extractos de basidiosporas similar al presentado por los tipos anteriormente mencionados, mientras que Helbling *et al.* (1998) describe las esporas de *Basidiomycetes* como un alérgeno frecuente, habiéndose aislado alérgenos de diversas especies (Brander *et al.*, 1999), de modo que debido a las concentraciones de esporas del tipo *Boletus* alcanzadas en el interior de la cueva deberían ser consideradas como posibles causantes de alergias entre los visitantes.

4.3.3.4. Tipo *Cladosporium*

Descripción



El género *Cladosporium* Link, *Magazin Ges. Naturf. Freunde, Berlín* 7: 37 (1816) está constituido por hongos filamentosos pigmentados y cosmopolitas. Son de los más comúnmente identificados en ambientes exteriores donde generalmente se detecta un número más elevado. Se han encontrado en restos vegetales, en suelos, paja, plantas leñosas, en material textil e incluso en alimentos refrigerados ya que pueden crecer a muy baja temperatura. También actúan como parásitos en plantas. Es el anamorfo de especies pertenecientes a la familia Mycosphaerellaceae, siendo especies de los géneros *Venturia* y *Mycosphaerella* (Ascomycota) el estado sexual.

Presenta hifas septadas marrones con conidióforos erectos, simples o ramificados en la región apical, igualmente pigmentados. Las colonias muestran crecimiento lento, son planas, finamente vellosas, aterciopeladas o lampiñas y con una tonalidad de verde oliváceo a pardo o negro oliváceo.

Este género incluye unas 50 especies que pueden ser causantes de lesiones cutáneas, infecciones pulmonares y sinusitis entre otras afecciones, aunque no es muy frecuente hallarlos como oportunistas en el hombre. Es un importante y común alérgeno (Lizaso *et al.*, 2003), conociéndose más de 10 antígenos que causan reacciones de tipo I y III. Además son productores de toxinas como la cladosporina y la emodina, ambas de elevada toxicidad. En el ámbito industrial, la especie *C. herbarum* genera una enzima que es empleada en la síntesis de hormonas para la fabricación de anticonceptivos orales.

Conidios: compuestos de 1-4 células, de tamaño muy variable (3-47 x 3-13µm), generalmente elípticos, de marrón claro a oscuro, de superficie lisa, rugosa o equinulada, con una distintiva cicatriz oscura en sus extremos romos. Son esporas denominadas secas formadas en cadenas acrópetas ramificadas muy frágiles y fácilmente dispersadas por el viento.

Variación estacional

Los conidios de este tipo esporal se encuentran presentes durante todo el año en la atmósfera del interior de la cueva de Nerja, con un índice esporal anual medio de 146.227 para el periodo de estudio (Fig.4.177). Este índice presentó escasas variaciones en los tres últimos años con valores que

representaron el 22% de media del recuento total de los cuatro años. Sin embargo, el año 2002 fue el que contuvo mayores niveles, con un índice cercano a 195.000, lo que supuso un 11% más que los restantes años estudiados.

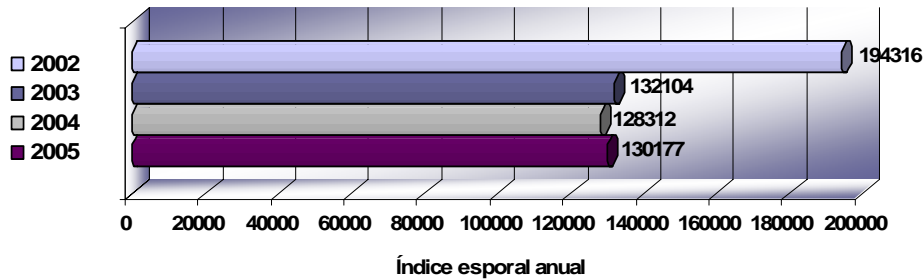


Fig.4.177. Índice esporal anual del tipo *Cladosporium* para los años estudiados.

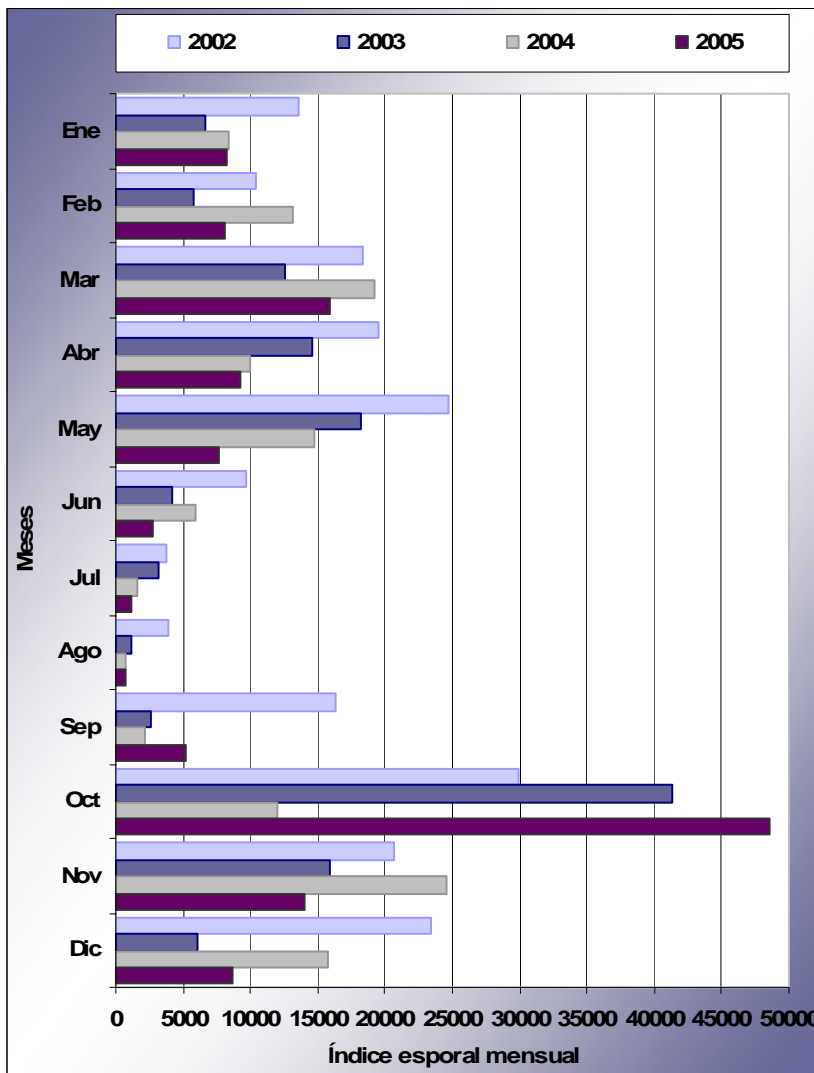


Fig.4.178. Índice esporal mensual del tipo *Cladosporium* durante los años 2002-2005.

Los meses en los que se registraron los mayores índices de esporas mensuales fueron octubre y noviembre en el caso del año 2004 que constituyeron el 27% como media del índice anual (Fig.4.178). A estos le siguieron mayo en los dos primeros años y marzo en los dos últimos, suponiendo porcentajes muy aproximados entre sí, en torno al 13% del total anual. Por lo general, agosto fue el mes en el que se registraron los menores índices mensuales, tendencia que siguen los restantes meses estivales, representando como media, de junio a septiembre, tan sólo una décima parte del índice total anual.

Aunque existen niveles de esporas de *Cladosporium* a lo largo de todo el año, el comportamiento anual de las concentraciones medias diarias muestra la existencia de dos periodos en los que las concentraciones son más elevadas. Uno durante la época otoñal y otro entre finales del invierno y comienzos de la primavera. Las concentraciones descienden durante el periodo estival alcanzando valores mínimos, especialmente en julio y agosto. Posteriormente los niveles aumentan de nuevo alcanzando los máximos diarios en el mes de octubre en todos los casos excepto en el año 2004 que apareció en el mes de noviembre (Fig.4.179).

Solamente se han registrado una media de 4 días al año sin presencia de esta espora en el aire del interior de la cueva, mientras que cerca de la mitad de los días presentaron una concentración comprendida en un rango que osciló entre las 100 y las 500 esporas/m³. El máximo absoluto se detectó el 15 de octubre de 2003, con 4.131 esporas/m³, aunque el número de días que superaron las 3.000 esporas/m³ fue de tan sólo 2 como media. Esta cifra se eleva a 27 si tenemos en cuenta los días que superaron las 1.000 esporas/m³.

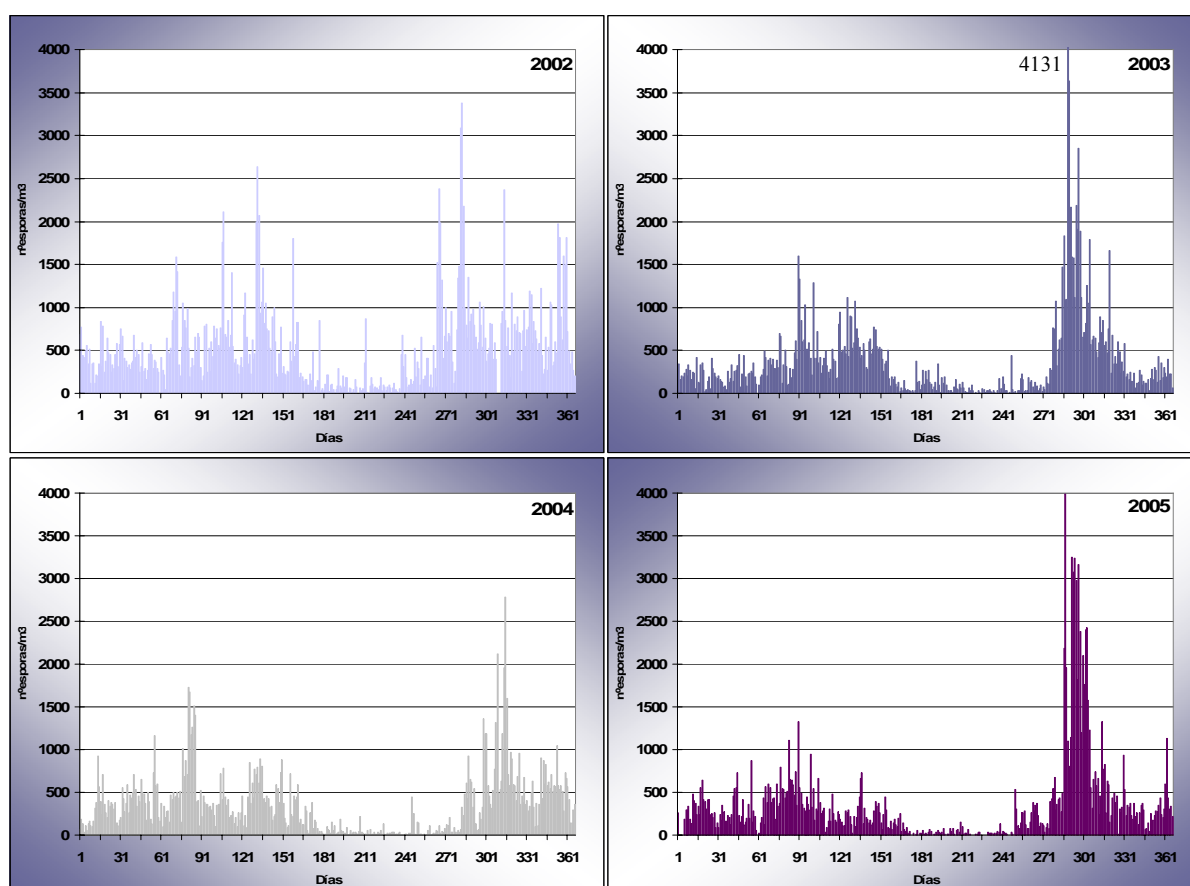


Fig.4.179. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Cladosporium* para cada uno de los años estudiados.

Variación intradiaria

En ninguna de las dos metodologías empleadas se observó una tendencia clara en relación con la distribución horaria de las concentraciones de esporas. Se observan ligeros incrementos y descensos a lo largo del día pero que nunca superaron una oscilación superior al 4% (metodología 2). Existieron dos pequeños picos entre las 8-10h y entre las 12-14h, con un descenso en la franja horaria intermedia, aunque no se pueden considerar significativos. Esto también se aprecia con los valores de IDI que muestran una distribución bastante homogénea de los niveles de esporas a las diferentes horas del día (Fig.4.180).

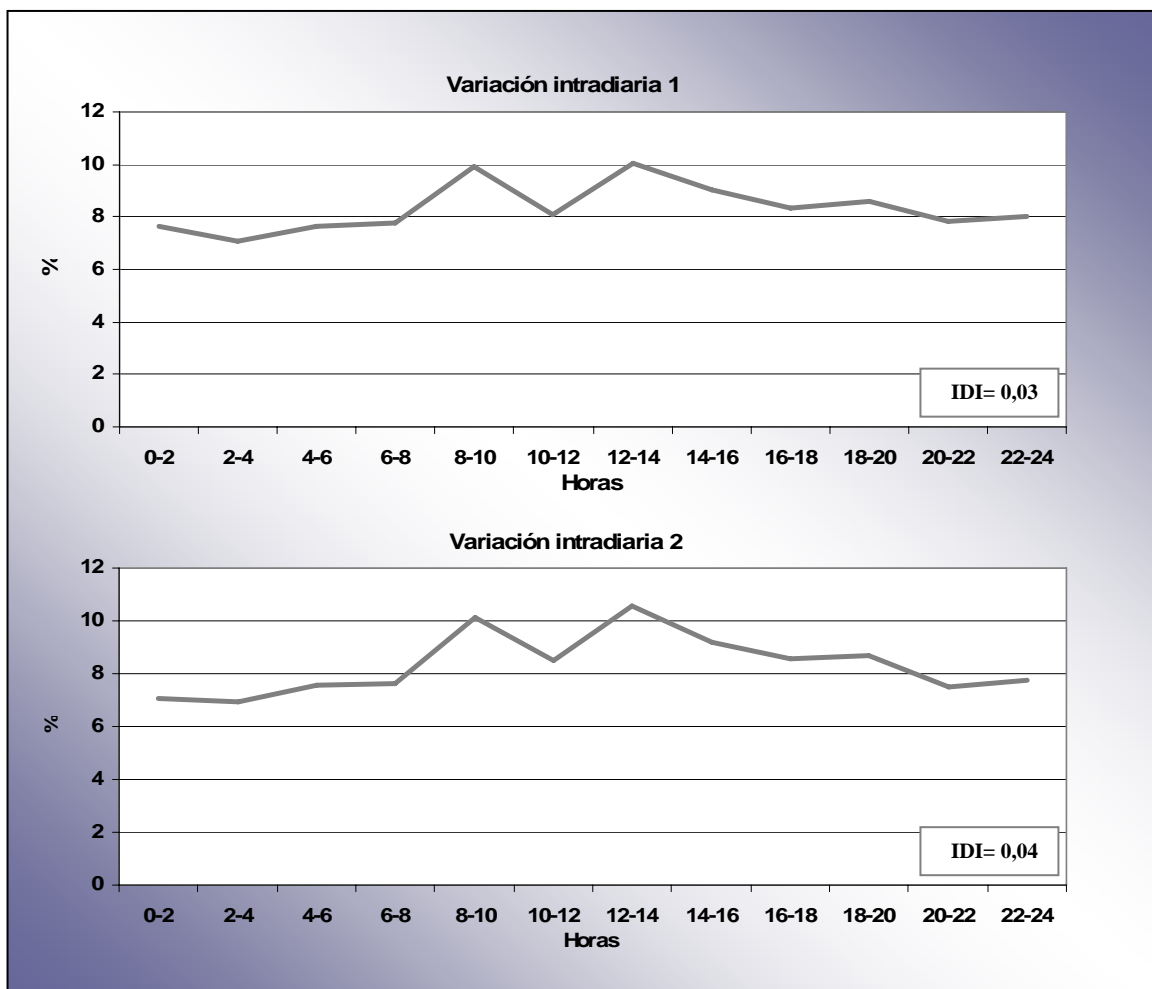


Fig.4.180. Variaciones de la distribución intradiaria de las esporas de *Cladosporium* a lo largo de los años de estudio.

Análisis de correlación

En este análisis se encontró una asociación negativa con la humedad relativa, incrementándose la concentración cuando la humedad relativa era menor. Aunque esta asociación

resultó estadísticamente significativa al utilizar datos diarios, al emplear medias mensuales, esta asociación se tornó no significativa (Tabla 4.85).

Correlación de Spearman		
	N	Rho
Hr (media diaria 2002-2003)	363	-0,390***
Hr (media mensual 2002-2003)	12	-0,377NS

Tabla 4.85. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones esporales del tipo *Cladosporium* y la humedad relativa. *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Comentarios y discusión

Aunque muchos autores establecen una separación en el tipo *Cladosporium* (tipo *herbarum* y *cladosporioides*), en este estudio se ha optado por no realizar esta distinción ya que los límites que separan ambos tipos no están claramente delimitados. Así, generalmente los conidios del tipo *Cl. herbarum* presentan una superficie rugosa y un mayor tamaño frente a una superficie lisa y tamaño menor de las esporas del tipo *Cl. cladosporioides*. Sin embargo, pueden observarse esporas de reducido tamaño que a 1000 aumentos muestran un aspecto rugoso que no puede ser visualizado a menores aumentos. Por esta razón y para evitar errores, preferimos considerarlos en un único tipo.

El tipo *Cladosporium* es uno de los más importantes tanto en ambientes exteriores como en interiores siendo el más abundante en gran parte de los estudios realizados tanto en España (Méndez *et al.*, 1997; Reineria *et al.*, 1998; Sabariego *et al.*, 2000; Rajo *et al.*, 2004b; Díez *et al.*, 2006) como en otras regiones europeas (Myszkowska *et al.*, 2002; Hollins *et al.*, 2004) y otros países tales como Japón (Takahashi, 1997), Estados Unidos (Troutt & Levetin, 2001), Chile (Ibáñez *et al.*, 2001), Australia (Mitakakis & Guest, 2001) o Arabia Saudita (Al-Suwaine *et al.*, 1999).

Las mayores concentraciones se establecieron en primavera y otoño al igual que en otros estudios realizados en la atmósfera de Málaga (Recio *et al.*, 2002a), así como en otras ciudades como Córdoba (Infante *et al.*, 1999), Granada (Sabariego *et al.*, 2000) y Madrid (Díez *et al.*, 2006). Sin embargo, esto no sucede en otros ambientes exteriores ya que aunque los índices anuales son similares a los alcanzados en el interior de la cueva de Nerja, en Polonia las mayores concentraciones se producen durante la época estival (Myszkowska *et al.*, 2002). Los mayores niveles de esporas en verano también se han observado en otras regiones europeas como Gran Bretaña (Hollins *et al.*, 2004), al igual que en el norte de la Península Ibérica (Méndez *et al.*, 1997; Infante *et al.*, 1999). Esto puede deberse a la diferencia de clima existente ya que en el sur de España los inviernos y primaveras

presentan una temperatura mucho más suave que permite el desarrollo de los hongos, mientras que la fuerte sequía estival dificulta el crecimiento de los mismos.

En relación con las concentraciones, es difícil establecer comparaciones con otros ambientes interiores ya que la metodología empleada es muy distinta y en la mayor parte de los estudios los recuentos se realizan en forma de unidades formadoras de colonias. Así, si nos centramos en trabajos en exteriores observamos que los niveles son muy variables en función de las localidades. Mientras que en Madrid (Díez *et al.*, 2006) los índices anuales son inferiores a los hallados en la cueva, en Málaga (Recio *et al.*, 2002a), Granada (Sabariego *et al.*, 2000), Córdoba (Infante *et al.*, 1999) o en diversas localidades gallegas (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2004b) resultaron superiores.

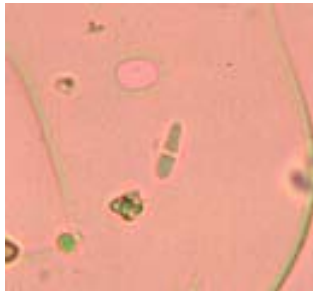
En este caso las correlaciones establecidas con la humedad relativa del interior resultaron negativas pudiéndose explicar, a priori, por la mayor tendencia a la deposición de las esporas cuando existe un grado elevado de humedad. Sin embargo, este hecho se comentará detalladamente más adelante al igual que la comparación de este tipo con las concentraciones detectadas en el exterior.

Finalmente, la distribución intradiaria de estas esporas fue bastante homogénea al igual que los resultados obtenidos al estudiar la atmósfera de Oklahoma (Troutt & Levetin, 2001), no siendo así en otros estudios en el norte de la Península donde se encontró un ligero incremento durante las últimas horas de la tarde en el caso de Galicia (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2004b) o entre las 12 y las 14h en León (Fernández *et al.*, 1998).

El tipo *Cladosporium* está considerado como uno de los alérgenos fúngicos más relevantes, estableciéndose que entre el 4 y el 7% de la población europea muestran sensibilidad a las esporas de *Cladosporium* y *Alternaria* (Tariq *et al.*, 1996). Anon (2002) ha establecido el umbral de concentración causante de alergias en 4.000 esporas/m³ (Hollins *et al.*, 2004). A la vista de las cantidades detectadas, aunque en el interior de la cueva de Nerja se ha sobrepasado ese índice en un escaso número de días, este tipo esporal podría ser causa de trastornos respiratorios entre los visitantes.

4.3.3.5. Tipo *Didymella*

Descripción



El género *Didymella* Sacc., *Michelia* 2 (6): 57 (1880), dentro de Ascomycota, ocupa una posición incierta incluyéndose dentro del orden Pleosporales. Se trata de un hongo filamentoso que se puede encontrar en cultivos de cereales, especialmente trigo y cebada, así como en otras gramíneas y cultivos de tomates, frambuesas, etc. Presentan ascas bitunicadas producidas dentro de lóculos estromáticos denominados pseudotecios y que se desarrollan dentro del tejido vegetal infectado.

Son hongos parásitos de plantas y algunos saprófitos, causando lesiones en hojas, tallo y raíz según la especie. Además, han sido descritos como alérgenos causantes de procesos asmáticos, estando estrechamente relacionados con periodos de lluvias (Harries *et al.*, 1985).

Ascospora: clasificada dentro de las denominadas esporas húmedas, elipsoidales, de 12-17 x 3,5-5,5 μm , con un septo transversal, hialina y superficie lisa.

Variación estacional

Del periodo completo muestreado, los años impares presentaron niveles inferiores a los años pares cuyo máximo se registró en el año 2004 con un índice anual de 11.797 esporas. Mientras que los años impares mostraron niveles similares entre sí, con un índice que supuso el 56% como valor medio del índice anual máximo anteriormente comentado, los años pares sí presentaron diferencias, observándose una presencia un 30% menor en el año 2002 respecto al 2004 (Fig.4.181).

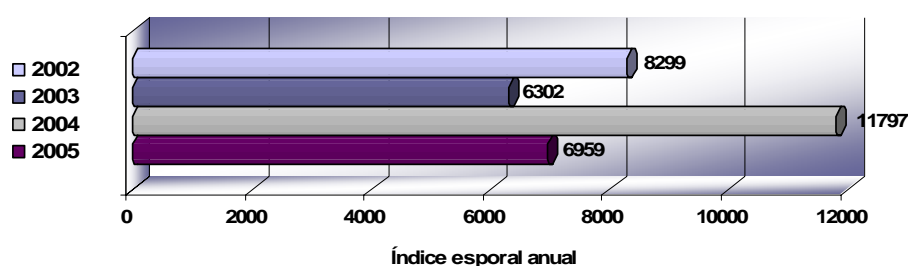


Fig.4.181. Índice esporal anual del tipo *Didymella* para los años estudiados.

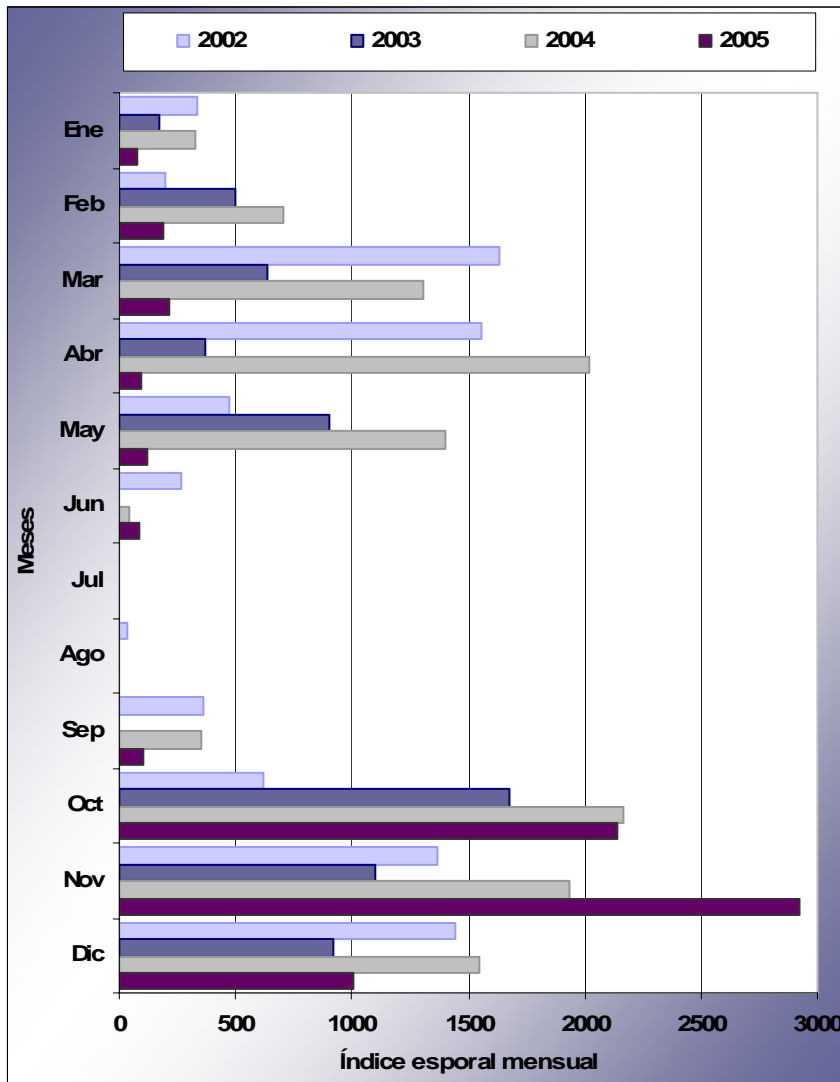


Fig.4.182. Índice esporal mensual del tipo *Didymella* durante los años 2002-2005.

Los meses en los que se registraron los mayores índices esporales mensuales fueron octubre, noviembre y marzo, dependiendo del año. El máximo absoluto se produjo en noviembre de 2005, con un valor de 2168. En los tres primeros años el 88% del índice anual se concentró en el último trimestre junto con los meses de marzo, abril y mayo. Sin embargo, en el año 2005 este porcentaje se acumuló únicamente en los tres últimos meses del año. Los meses de junio, julio y agosto registraron niveles mínimos, constituyendo poco más del 1% del índice anual (Fig.4.182).

Haciendo referencia a las distribuciones medias diarias, cabe destacar la presencia de dos periodos en los que las concentraciones son más elevadas correspondientes al otoño y a finales de invierno-primavera. El valor más elevado se produjo el 11 de noviembre de 2005, con 1.010 esporas/m³ de media diaria.

Una media de 182 días al año no mostró presencia de esporas de *Didymella*, mientras que el mayor porcentaje de días (38%) presentaron unas concentraciones comprendidas en un rango que osciló de 1 a 50 esporas/m³. Este porcentaje se redujo considerablemente si consideramos únicamente los días en que se superaron las 100 esporas/m³ ya que éste no superó una media de 23. Finalmente, en todo el periodo estudiado sólo se contabilizaron 5 días en los que se sobrepasaron las 500 esporas/m³, siendo de éstos, el día pico anteriormente mencionado el único que superó una concentración de 1000 esporas/m³ de aire en el interior de la cueva (Fig.4.183).

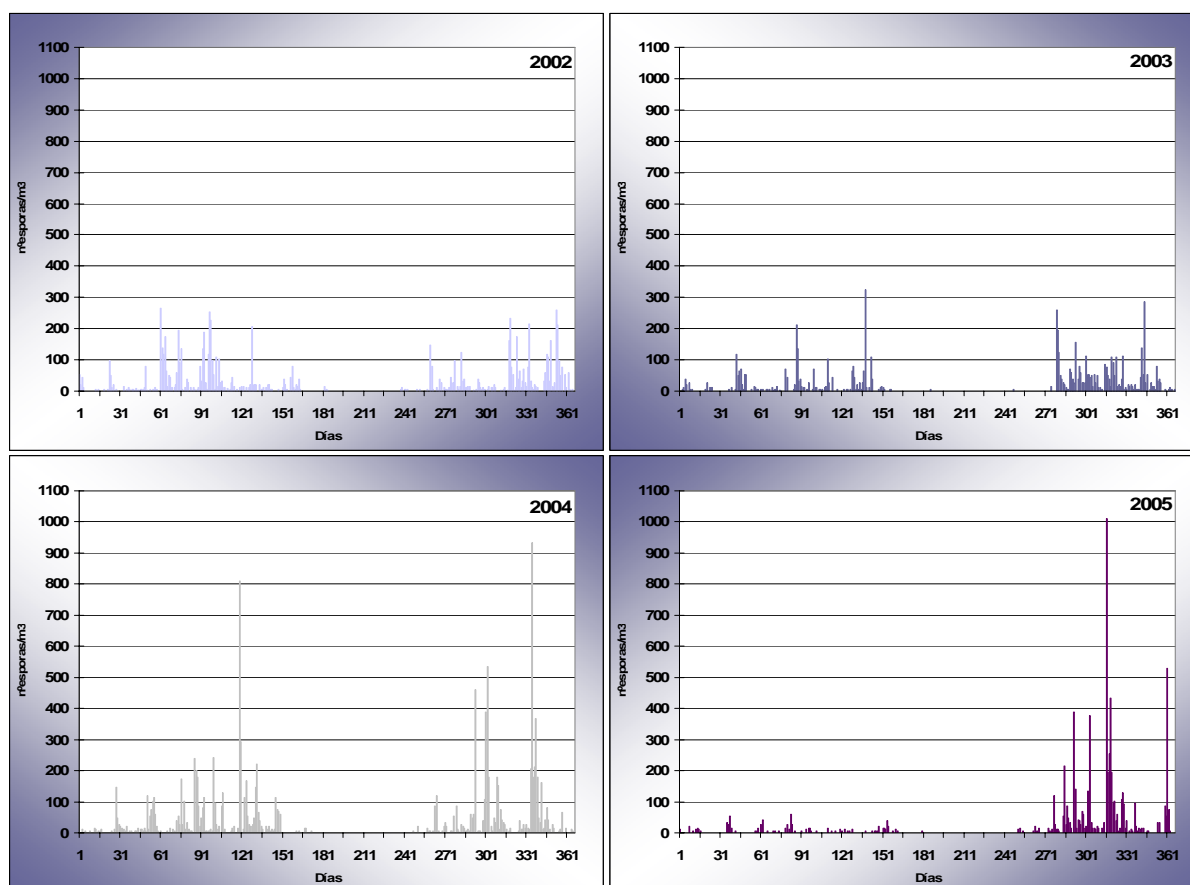


Fig.4.183. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Didymella* para cada uno de los años estudiados.

Variación intradiaria

Las gráficas realizadas con los porcentajes acumulados cada dos horas de las concentraciones diarias mostraron un incremento en los niveles esporales durante la madrugada, más concretamente desde las 22 horas hasta las 6-8 horas, con el máximo en la franja horaria comprendida entre las 4-6 h, presentando en ambas metodologías un porcentaje cercano al 12% del total diario. A partir de ese momento del día, las concentraciones comienzan a disminuir para alcanzar niveles mínimos a las horas del mediodía que no superaron el 3% de la concentración del total del día. Entre las 14 y las 16 horas apareció otro pequeño incremento aunque de menor intensidad que dependiendo de la metodología empleada osciló entre el 7 y el 9%, siendo con la metodología 1 con la que se obtuvo un porcentaje mayor (Fig.4.184).

El IDI calculado coincidió en las dos metodologías, obteniéndose un valor de 0,09.

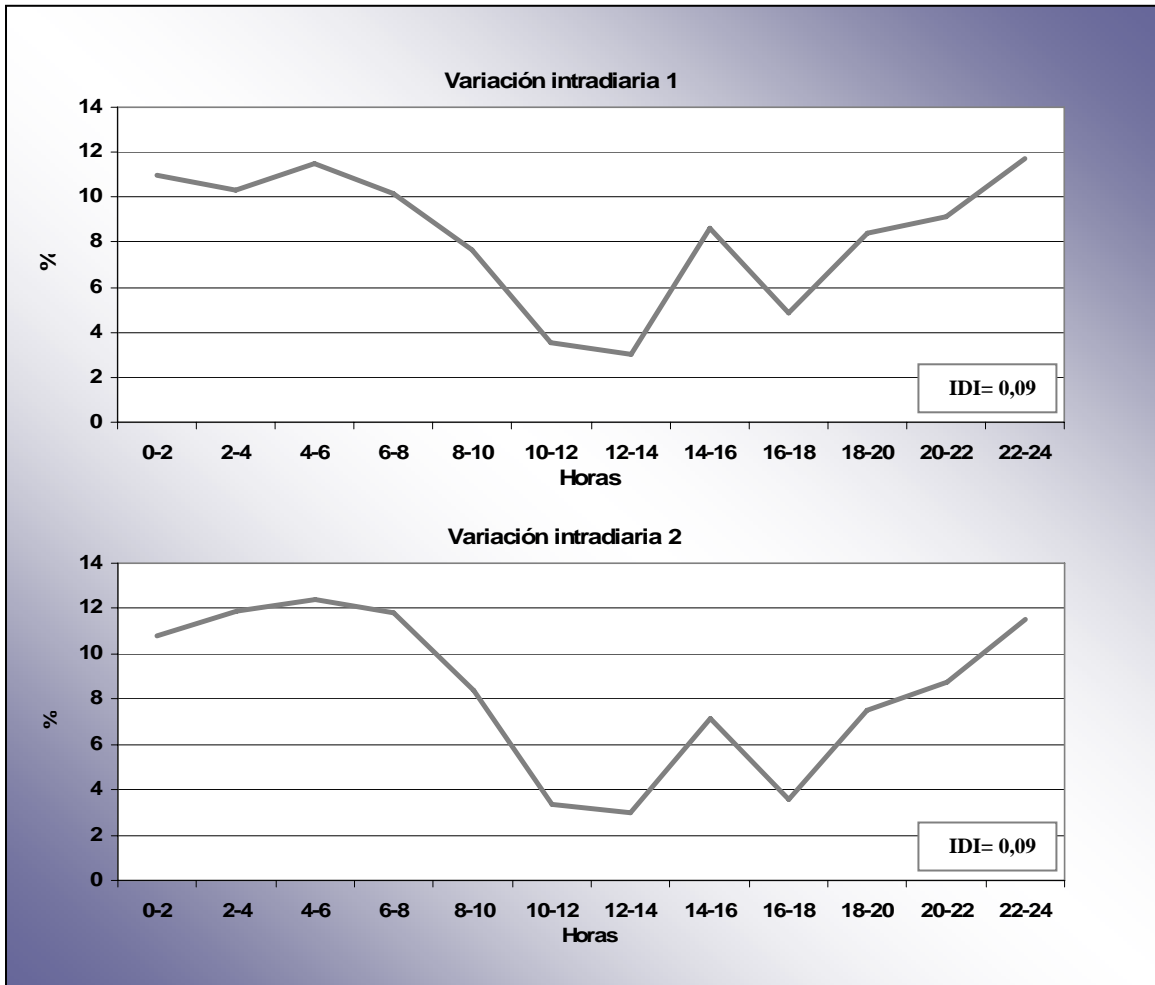


Fig.4.184. Variaciones de la distribución intradiaria de las esporas de *Didymella* a lo largo de los años de estudio.

Análisis de correlación

Se obtuvo una correlación negativa y estadísticamente significativa de las concentraciones medias diarias con la humedad relativa, presentando un valor de Rho de -0,426. Sin embargo, si el análisis se efectúa con los datos medios mensuales, esta asociación a pesar de la obtención de resultados similares, no fue estadísticamente significativa (Tabla 4.86).

Correlación de Spearman		
	N	Rho
Hr (media diaria 2002-2003)	363	-0,426***
Hr (media mensual 2002-2003)	12	-0,571NS

Tabla 4.86. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones esporales del tipo *Didymella* y la humedad relativa. *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

Comentarios y discusión

Las esporas del tipo *Didymella* son las ascosporas más abundantes en nuestro lugar de estudio, encontrándose también entre las más frecuentes en otras regiones como Estados Unidos (Troutt & Levetin, 2001) e Inglaterra (Richardson, 1996). Sin embargo, esto no ocurre en otras zonas con clima más seco, como es el caso de Creta donde este tipo esporal aparece sólo de forma esporádica (Gonianakis *et al.*, 2005). En otras ciudades de la Península tampoco se encuentra entre los tipos más abundantes, siendo otras ascosporas como las pertenecientes al tipo *Pleospora* las más frecuentes (Díez *et al.*, 2006).

Este tipo esporal presentó una distribución con mayores incrementos en los meses de primavera y otoño, coincidiendo con periodos de precipitaciones. La aparición de un mayor número de dichas esporas tras la lluvia ya ha sido descrita por otros autores (Webster, 1980; Von Wahl & Kersten, 1991; Hasnain, 1993; Allitt, 2000), llegando a alcanzarse picos superiores a las 30.000 esporas/m³ en Alemania (Von Wahl & Kersten, 1991). En nuestro caso también se ha encontrado una asociación positiva y significativa entre las concentraciones medias diarias y las precipitaciones ($r = 0,455$, $N=724$).

Todo lo anteriormente expuesto, unido al hecho de que la mayor parte de las especies descritas son parásitas de plantas y éstas no aparecen en el interior de la cueva, podría decirse que probablemente las esporas halladas en nuestro lugar de muestreo provienen del exterior de la cavidad. Además, en el análisis de la distribución intradiaria se ha observado una menor concentración durante las horas centrales del día, donde la humedad relativa del exterior es menor lo que dificulta la liberación de esporas a la atmósfera.

Por otro lado, si analizamos los datos obtenidos de humedad relativa del interior de la cueva, encontramos una correlación negativa con la concentración de esporas, aunque puede ser en parte debido a la inclusión de datos cercanos a la época estival, en el que la concentración de esporas decrece independientemente del incremento de la humedad en la cueva, haciendo que el signo de la correlación se torne negativo. Si se reduce el número de datos a la época de aparición de los mayores niveles esporales, esta correlación se vuelve positiva.

Finalmente, este tipo esporal ha sido citado como causante de procesos asmáticos (Richardson, 1996), debiendo tenerse en cuenta como posible alérgeno en el interior de la cueva.

4.3.3.6. Tipo *Ustilago*

Descripción



El género *Ustilago* (Pers.) Roussel, *Fl. Calvados*, Edn 2: 47 (1806), se trata de un basidiomiceto incluido en la familia Ustilaginaceae que se pueden encontrar en el suelo y sobre material vegetal como semillas y flores e incluso sobre otros hongos. Se incluyen en el grupo de los llamados tizones, formando colonias levaduriformes de crecimiento lento de color beige a amarillo, que se torna marrón oscuro con el paso del tiempo y con el reverso blanco.

Las diferentes especies, en función de la fase del ciclo biológico en el que se encuentren pueden ser saprófitas (fase productora de basidiosporas), o parásitas de plantas (fase productora de teliosporas) ya que requiere un hospedador vivo para su crecimiento, siendo responsables de un elevado número de enfermedades en los cultivos agrícolas denominadas carbones, detectándose especialmente en gramíneas como trigo, maíz, avena y otras hierbas formadoras de pasto (Paredes *et al.*, 1998). En humanos se han reportado algunas infecciones causadas por este hongo aunque su papel como patógeno no está muy claro (Patel *et al.*, 1995). Más importante es su incidencia en afecciones respiratorias por inhalación, causando alergias de Tipo I con procesos asmáticos.

Teliosporas: dentro del grupo de las esporas secas, se trata de esporas unicelulares, de esféricas a subesféricas, de tamaño variable de 4-12 μm de diámetro, de color marrón-amarillento a marrón y superficie con ornamentación de rugosa a verrugosa o parcialmente verrugosa, con zonas lisas o sin ornamentación. Suelen aparecer en masas de aspecto pulverulento y color negro (Crotzer & Levetin, 1996).

Variación estacional

Las esporas de *Ustilago* alcanzaron un índice anual medio de 13.626. Dichos índices esporales fueron similares en todos los años de muestreo, aunque los de los años 2004 y 2005, junto con el del 2002 mantuvieron valores más próximos entre sí ya que, mientras que en estos tres años se obtuvo un índice medio de 14.802, en el año 2003 este valor se redujo a 10.099 (Fig.4.185).

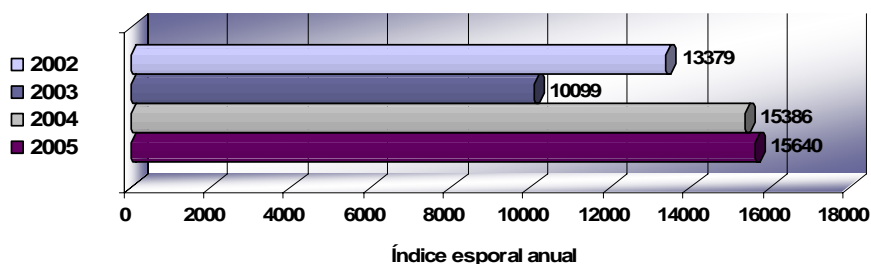


Fig.4.185. Índice esporal anual del tipo *Ustilago* para los años estudiados.

La distribución mensual muestra que los mayores índices mensuales se obtuvieron en los meses de abril y mayo, excepto en el año 2004 que presentó el mayor índice, que a su vez fue el máximo registrado durante los cuatro años, en el mes de diciembre con un valor de 6550 (Fig.4.186). Los meses estivales fueron los de menor índice mensual, especialmente los meses de julio y agosto, ya que entre los dos supusieron tan sólo algo más del 4% del índice total anual. En el caso opuesto se encuentra el mes de mayo que como promedio representó el 22% del índice total.

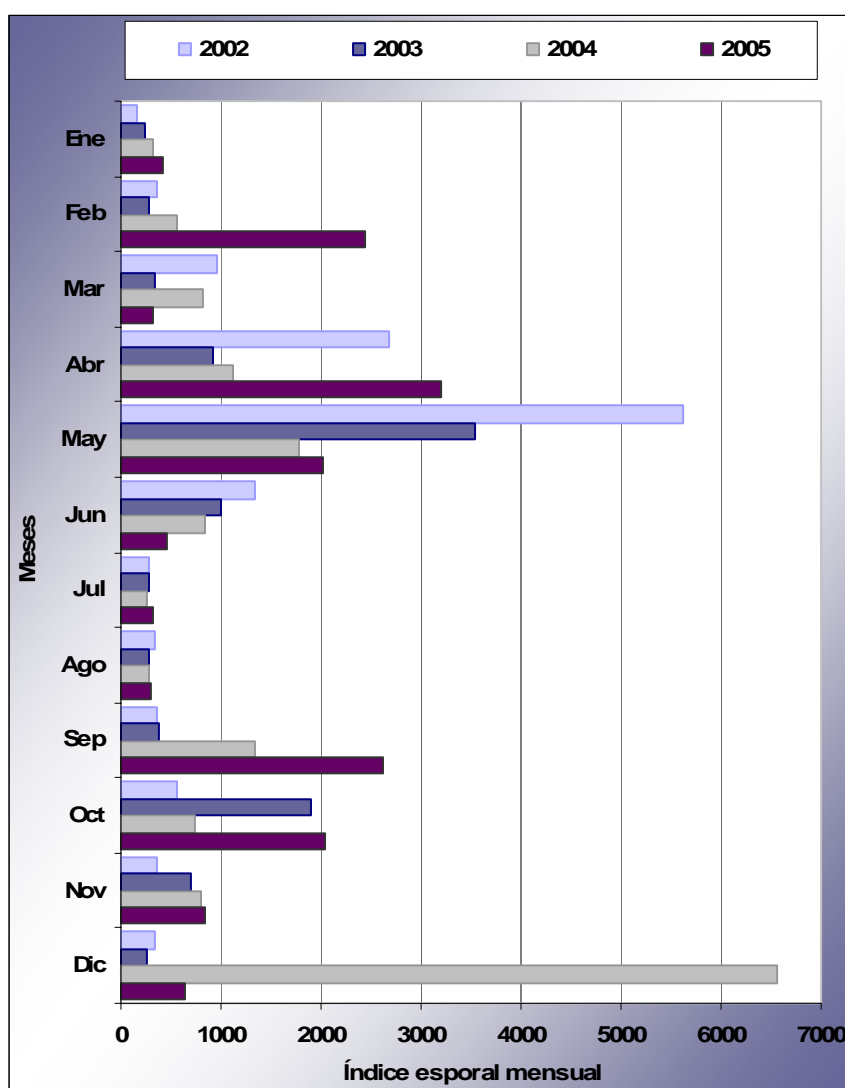


Fig.4.186. Índice esporal mensual del tipo *Ustilago* durante los años 2002-2005.

Las mayores concentraciones diarias de esporas se registran en primavera y otoño, siendo más elevadas durante la primavera, ya que el nivel máximo de concentración suele producirse a principios de mayo, aunque en el año 2005 se adelantó ligeramente localizándose en la segunda quincena de

abril. A pesar de esta presencia más elevada de esporas durante la primavera, el valor diario más alto durante los cuatro años de estudio se registró el 19 de diciembre de 2004, con 6.100 esporas/m³ de aire. Este tipo esporal presentó un comportamiento particular ya que a lo largo de todo el año aparecieron picos puntuales de un sólo día en los que los niveles se incrementaron considerablemente, llegando a alcanzar concentraciones superiores a las 1.000 esporas/m³, para descender inmediatamente, al día siguiente, hasta valores que raramente superan las 100 esporas/m³. Así, la concentración media diaria del 86% de los días del año fue inferior a 50 esporas/m³. Cabe destacar la presencia de esporas durante todo el año, siendo únicamente 21 los días, como media, con concentraciones nulas (Fig.4.187).

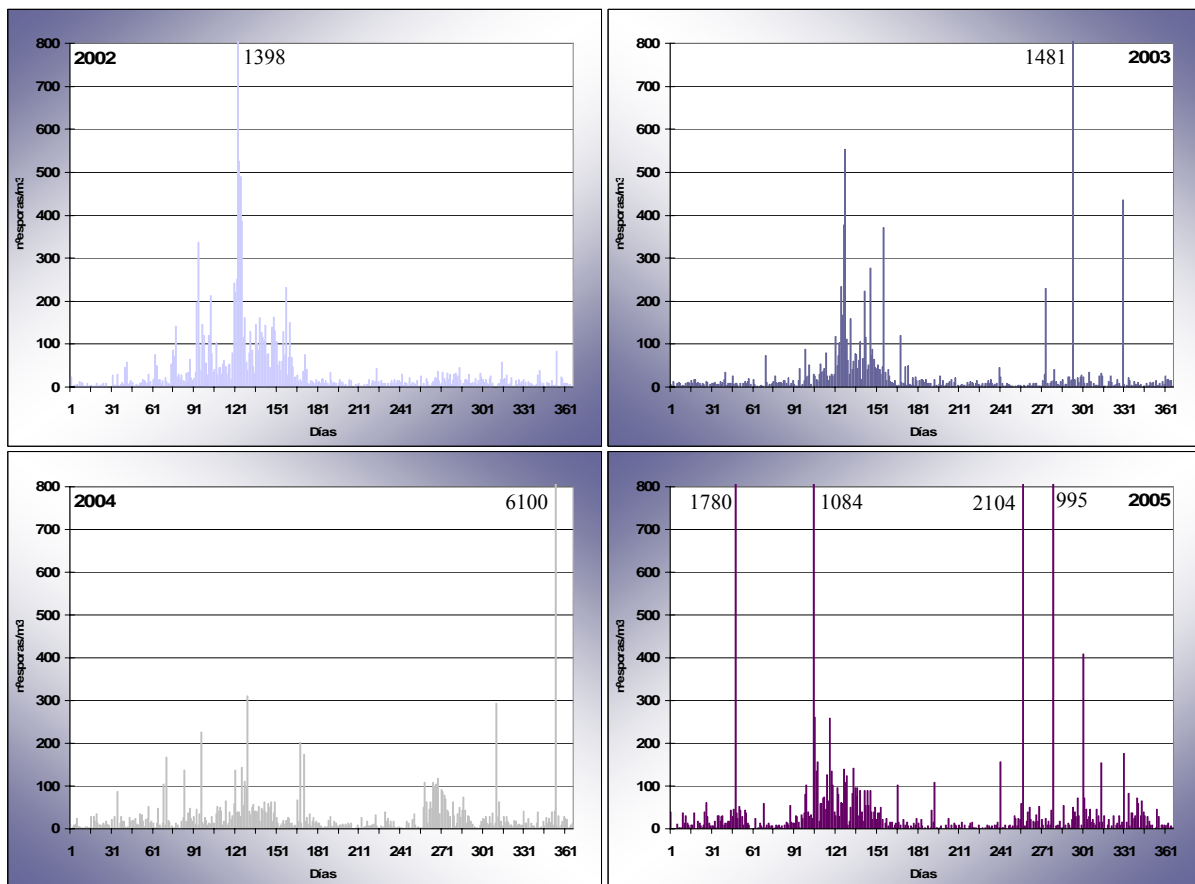


Fig.4.187. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Ustilago* para cada uno de los años estudiados.

Variación intradiaria

En el caso de las esporas del tipo *Ustilago* se observaron patrones diferentes en relación con la distribución horaria en función de la metodología empleada. Así, en la gráfica resultante de la aplicación de la metodología 1 se observó un fuerte incremento entre las 8 y las 10 horas en el que el porcentaje de esporas respecto al total del día superó el 36%. Sin embargo, este pico también presente

con los datos resultantes de la metodología 2 fue muy inferior, representando tan sólo el 14% del total (Fig.4.188). Por el contrario, en la franja horaria desde las 16 hasta las 18h apareció otro incremento aunque mucho menor y en este caso superior con los datos de la metodología 2, aunque la diferencia entre ambas apenas superó el 6%.

De todos modos, teniendo en cuenta el valor de IDI obtenido en los dos casos, se observa una diferencia considerable ya que los porcentajes obtenidos con la metodología 2 a lo largo de las 24 horas del día se distribuyeron de una manera más homogénea, con un valor de 0,09 frente al valor de IDI de 0,33 alcanzado con la metodología 1.

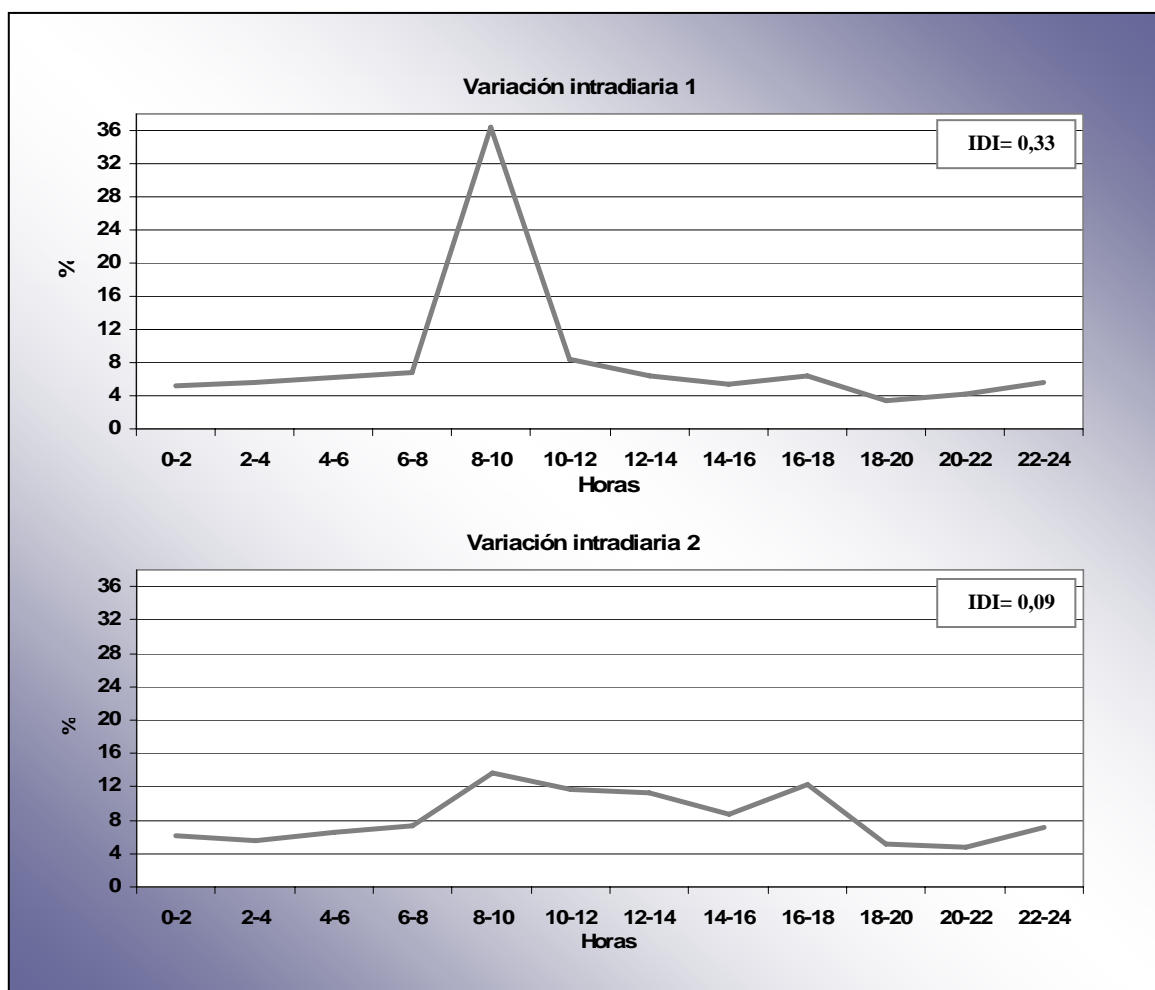


Fig.4.188. Variaciones de la distribución intradiaria de las esporas de *Ustilago* a lo largo de los años de estudio.

Análisis de correlación

Los resultados obtenidos tras el análisis de correlación de Spearman no mostraron ninguna asociación estadísticamente significativa entre las concentraciones medias diarias y la humedad

relativa. Aunque el valor de rho fue mayor con las medias mensuales y de signo positivo, este análisis de correlación tampoco resultó significativo (Tabla 4.87).

Correlación de Spearman		
	N	Rho
Hr (media diaria 2002-2003)	363	0,080NS
Hr (media mensual 2002-2003)	12	0,169NS

Tabla 4.87. Análisis del grado de asociación entre las concentraciones esporales del tipo *Ustilago* y la humedad relativa. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Comentarios y discusión

Este tipo esporal presenta una mayor frecuencia en la atmósfera del interior de la cueva especialmente durante la primavera, aunque también se incrementan los niveles durante el otoño. En ciudades como Madrid también constituye un tipo muy abundante donde el índice anual supera en más del doble al alcanzado en nuestro punto de muestreo (Díez *et al.*, 2006). En Sevilla también se obtienen índices anuales más elevados (Morales *et al.*, 2006) aunque, al igual que en Madrid, la época de mayor aparición se sitúa en primavera y verano. En la Cueva de Nerja se produce un considerable descenso de las esporas aerovagantes durante la época estival para elevarse de nuevo durante el otoño. Un índice anual y un ascenso a finales de año similares de las concentraciones se produce en Granada (Sabariego *et al.*, 2000), aunque en este caso el pico es mucho mayor, prolongándose durante el invierno y desapareciendo en primavera.

Como se ha observado, cabe destacar que los niveles hallados en el interior de la cueva son comparables con los detectados en exteriores ya que, en los escasos trabajos en los que se localiza este tipo esporal en interiores, aparece de modo ocasional. Así, Tsai *et al.* (2007) en un estudio comparativo realizado entre ambientes exteriores e interiores de diversos edificios, observaron un ratio exterior/interior entre las concentraciones de este tipo esporal superior a 20. Esto, unido al carácter de parásito de plantas de este género, hace suponer una procedencia exterior de estas esporas, coincidiendo el mayor pico primaveral con el desarrollo de las gramíneas.

Por otro lado los grandes picos puntuales producidos durante el otoño muy posiblemente estuvieron ocasionados por la actividad humana ya que en las inmediaciones de la cueva todos los años se podan y eliminan los restos de herbáceas secas presentes en áreas del monte cercano, donde aparecen muchas gramíneas infectadas con este hongo. Esto queda patente mediante la observación de las preparaciones al microscopio óptico, ya que fue posible apreciar un gran número de esporas de

Ustilago junto con restos de tejido vegetal seco infectado. Además, esto también explica la diferencia existente entre las dos metodologías aplicadas en el estudio de la distribución intradiaria ya que, el gran pico de las 10h observado en la figura 4.188, coincide con la hora en la que los operarios procedieron a la poda con máquinas desbrozadoras, favoreciéndose el paso a la atmósfera de un elevado número de partículas, incluyendo esporas y restos de tejidos vegetales.

Un estudio realizado en Badajoz (Paredes *et al.*, 1998) encontró un comportamiento intradiario similar al obtenido en nuestro estudio con la metodología alternativa donde aparecen dos pequeños picos de concentración antes del mediodía y durante la tarde, respectivamente.

Este tipo esporal está considerado por Male (1980 in Paredes *et al.*, 1998) como una de las causas más frecuentes de afecciones respiratorias de origen fúngico, por lo que, dadas las cantidades detectadas en la cueva, especialmente los picos puntuales alcanzados, debe tenerse en cuenta como posible alérgeno.

Finalmente, no se encontraron correlaciones significativas entre la humedad relativa del interior de la cueva y las concentraciones medias diarias.

4.3.4 Otros tipos esporales

A continuación se muestran los resultados más relevantes de otros 25 tipos de esporas identificados que aunque no superaron el 1% del índice de esporas total medio en el interior de la cueva, presentaron un valor del índice anual medio superior a 100 (Tabla 4.88). El grupo mayoritario se incluye dentro de los hongos imperfectos con 11 tipos frente a los 7 y 6 representantes de los ascomicetos y basidiomicetos, respectivamente. Sin embargo, el mayor porcentaje del total de esporas anuales correspondió a los basidiomicetos ya que los tipos *Toментella* y *Coprinus* fueron los más abundantes con índices medios anuales superiores a 5.500. Los tipos *Leptosphaeria* y *Septoria* les siguieron con el 0,6 y 0,5% del total anual, mientras que los demás tipos esporales presentaron porcentajes inferiores al 0,2%.

Tipo esporal	Grupo taxonómico	Índice medio anual	% del total anual medio
<i>Toментella</i>	Basidiomycota	5687	0,664
<i>Coprinus</i>	Basidiomycota	5509	0,644
<i>Leptosphaeria</i>	Ascomycota	5415	0,633
<i>Septoria</i>	H. imperfecto	4267	0,498
Diatrypaceae	Ascomycota	1305	0,152
<i>Alternaria</i>	H. imperfecto	1110	0,130
Myxomycete*	Myxomycota	1065	0,124
<i>Agrocybe</i>	Basidiomycota	973	0,114
<i>Botrytis</i>	H. imperfecto	760	0,089
<i>Venturia</i>	Ascomycota	734	0,086
<i>Pleospora</i>	Ascomycota	655	0,077
<i>Helicomyces</i>	H. imperfecto	524	0,061
<i>Arthrinium</i>	H. imperfecto	429	0,050
<i>Torula</i>	H. imperfecto	418	0,049
<i>Ganoderma</i>	Basidiomycota	380	0,044
<i>Phaeosphaeria annulata</i>	Ascomycota	324	0,038
<i>Stachybotrys</i>	H. imperfecto	308	0,036
<i>Cortinarius</i>	Basidiomycota	251	0,029
<i>Russula</i>	Basidiomycota	233	0,027
<i>Sordaria</i>	Ascomycota	231	0,027
<i>Cercospora</i>	H. imperfecto	210	0,025
<i>Drechslera</i>	H. imperfecto	209	0,024
<i>Chaetomium</i>	Ascomycota	146	0,017
<i>Oidium</i>	H. imperfecto	124	0,014
<i>Periconia</i>	H. imperfecto	120	0,014

Tabla.4.88. Tipos polínicos con un porcentaje del contenido total de esporas inferior al 1% y cuyo índice anual medio superó el valor de 100. * excluido tipo *Trichia*.

En este caso, al igual que en el apartado anterior, los resultados se exponen ordenados alfabéticamente en lugar de seguir una agrupación taxonómica para facilitar su búsqueda individualizada en el texto.

4.3.4.1. Tipo *Agrocybe*

Descripción



El género *Agrocybe* Fayod, *Annls Sci. Nat., Bot.*, sér. 7 9: 358 (1889) que da nombre a este tipo esporal pertenece a la división Basidiomycota, incluido en el orden Agaricales (familia Bolbitiaceae) y que presenta basidiosporas elipsoidales, de 8-15 x 5-10 μm , de color desde amarillo a marrones, superficie lisa, con pared gruesa, más oscura que el interior, y poro germinativo.

Variación estacional

Este tipo esporal, que presentó un índice anual medio de 973, se caracterizó por la disparidad de resultados entre unos años y otros, ya que mientras que el índice anual de los dos primeros años superó el valor de 1.000, estando próximo a 2.000 en el año 2002, los dos últimos años representaron un valor medio de 456 (Fig.4.189).

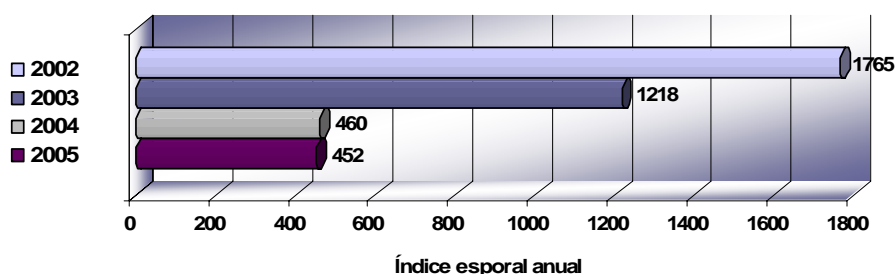


Fig.4.189. Índice esporal anual del tipo *Agrocybe* para los años estudiados.

El máximo índice mensual se registró en el mes de noviembre en todos los años excepto en el año 2002, en el que fue superado por el índice esporal del mes de diciembre que a su vez fue el índice mensual más elevado detectado durante todo el periodo de muestreo, con un valor de 587. Por otro lado, desde junio hasta septiembre se observaron los menores niveles de esporas, suponiendo este periodo estival como media poco más del 4% del índice total anual (Fig.4.190).

De modo general, en las gráficas de la distribución de las concentraciones medias diarias, es posible apreciar la presencia de dos periodos de máxima concentración, aunque con sucesivas subidas y bajadas, uno de ellos durante el periodo otoñal y el otro entre finales del invierno y comienzos de la primavera principalmente. Las concentraciones, que disminuyen en los meses de verano, vuelven a experimentar un incremento a partir de la última semana de septiembre (Fig.4.191).

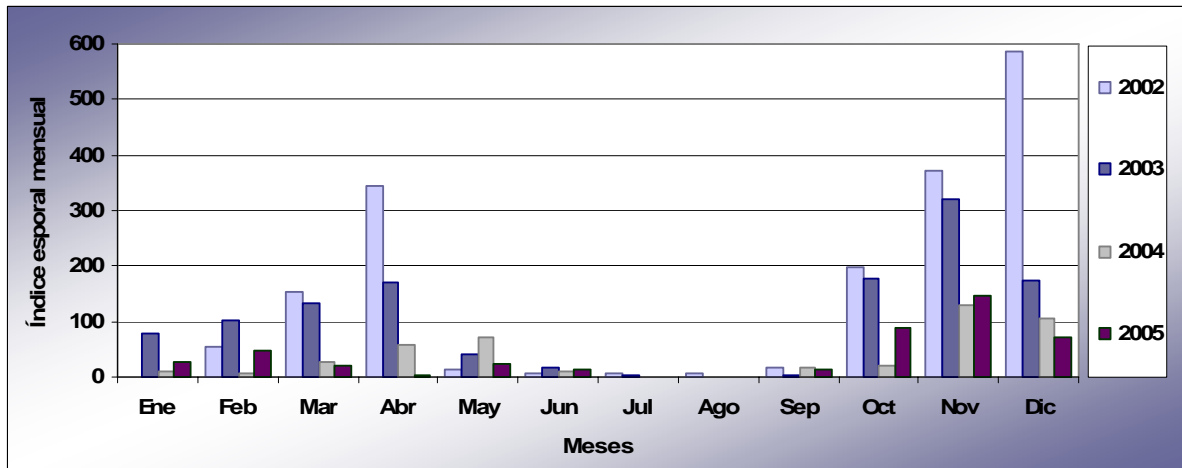


Fig.4.190. Índice esporal mensual del tipo *Agroclybe* durante los años 2002-2005.

Los niveles de este tipo esporal fueron más elevados a finales de año, alcanzándose el máximo absoluto el 3 de diciembre de 2002, con 59 esporas/m³. Este año fue además el que presentó mayores concentraciones diarias, contrariamente a lo ocurrido en el año 2004. Así, mientras que en el año 2002 el número de días que superó una concentración de 10 esporas/m³ fue de 53, en el 2004, éste se redujo a 10.

Unos 54 días al año en los dos primeros años presentaron niveles entre 5 y 10 esporas/m³, descendiendo hasta 25 como media en los dos últimos. Finalmente, el número de días sin presencia de este tipo esporal en el interior de la cueva osciló entre los 182 en el año 2003 y los 292 en el año 2005.

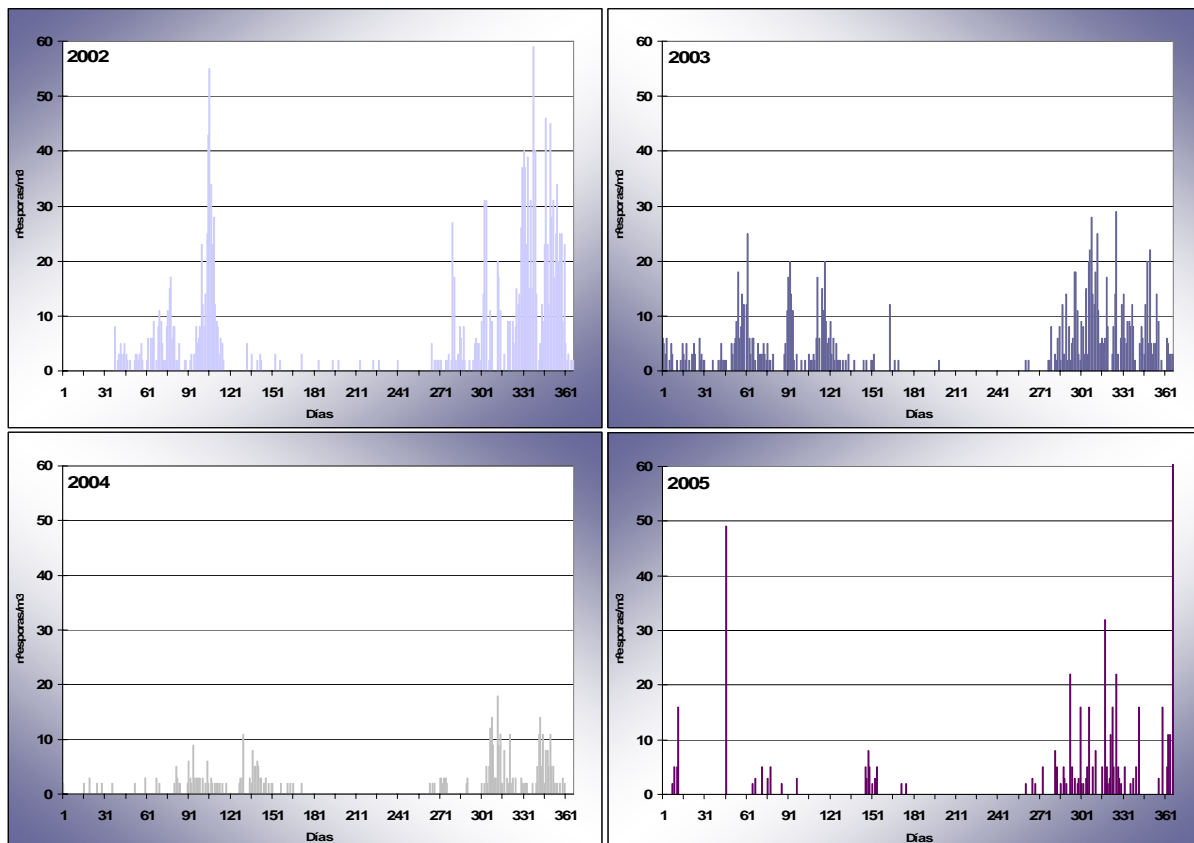


Fig.4.191. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Agroclybe* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.2. Tipo *Alternaria*

Descripción



Género *Alternaria* Nees, *Syst. Pilze*: 72 (1816). Hongo imperfecto que da nombre a este tipo esporal y que constituye el estado anamorfo de la familia Pleosporaceae (Ascomycota). Presenta conidios pluricelulares de ovoides a clavados o piriformes, de gran tamaño que oscilan entre 18-83 x 7-18 μm , con septos transversales y longitudinales, de color marrón, superficie lisa o verrucosa, con la parte más próxima al conidióforo redondeada, estrechándose hacia la más distal, lo que le proporciona su peculiar forma de maza.

Variación estacional

El índice de esporas anual no presentó grandes variaciones durante el periodo de estudio, apreciándose un ligero incremento en el primer año de muestreo con un índice de 1.370 y un descenso en el año 2005 (Fig.4.192). En todos los casos se registró un índice anual con un valor superior a 1.000, a excepción del último año en el que no llegó a 900.

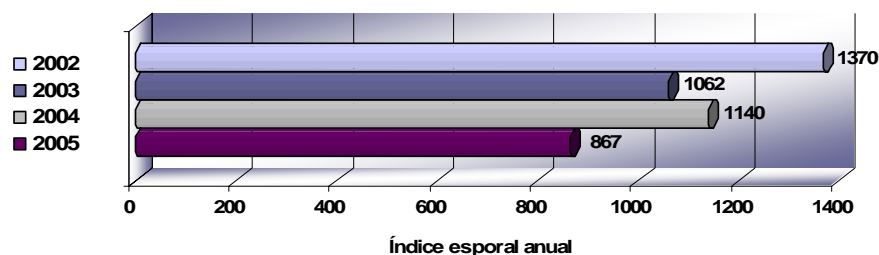


Fig.4.192. Índice esporal anual del tipo *Alternaria* para los años estudiados.

Los mayores índices mensuales se alcanzaron en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre. Mientras que los tres primeros años mostraron los niveles más altos en abril o mayo, seguidos por los de octubre y noviembre, en el último año los índices más elevados se produjeron en octubre y noviembre. Los meses con menores niveles son los más secos y calurosos, recogiendo en el periodo comprendido entre junio y septiembre sólo el 13% del índice total anual como media.

El índice mensual máximo se produjo en mayo de 2002 con un valor de 288, mientras que el mínimo se registró en agosto de 2004, con un valor de 9 (Fig.4.193).

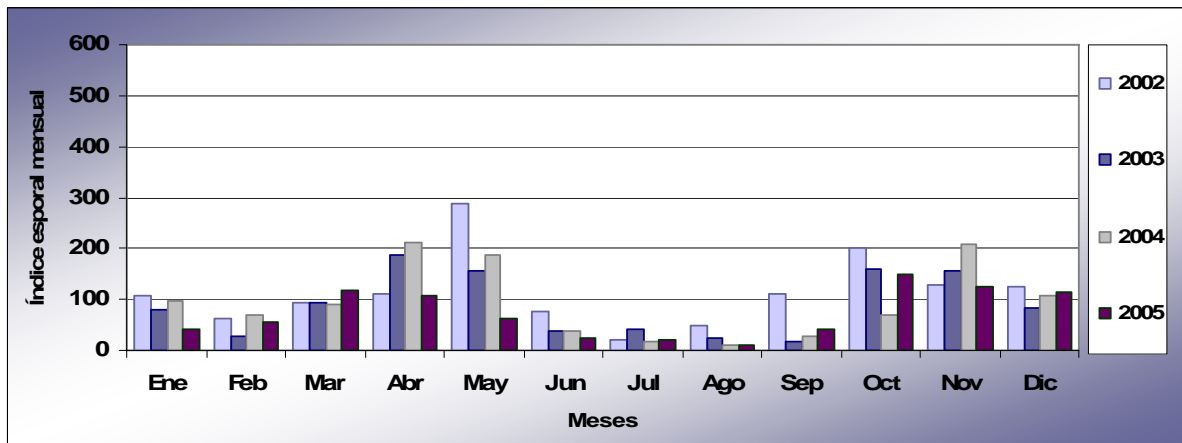


Fig.4.193. Índice esporal mensual del tipo *Alternaria* durante los años 2002-2005.

En relación con las concentraciones medias diarias cabe destacar el máximo registrado entre la segunda quincena de abril y la primera de mayo en todos los casos, con el valor más elevado obtenido el 11 de mayo de 2002 con 51 esporas/m³. Además del pico de primavera se localizó otro de menor intensidad en otoño con su máximo en octubre, excepto en el año 2004 que se produjo en noviembre. Entre los dos picos se produjo un descenso de los niveles de esporas correspondiéndose con los meses estivales. El 69% de los días con esporas tuvieron una concentración comprendida en un rango entre 1 y 5 esporas/m³, registrándose una media de 130 días con niveles nulos (Fig.4.194).

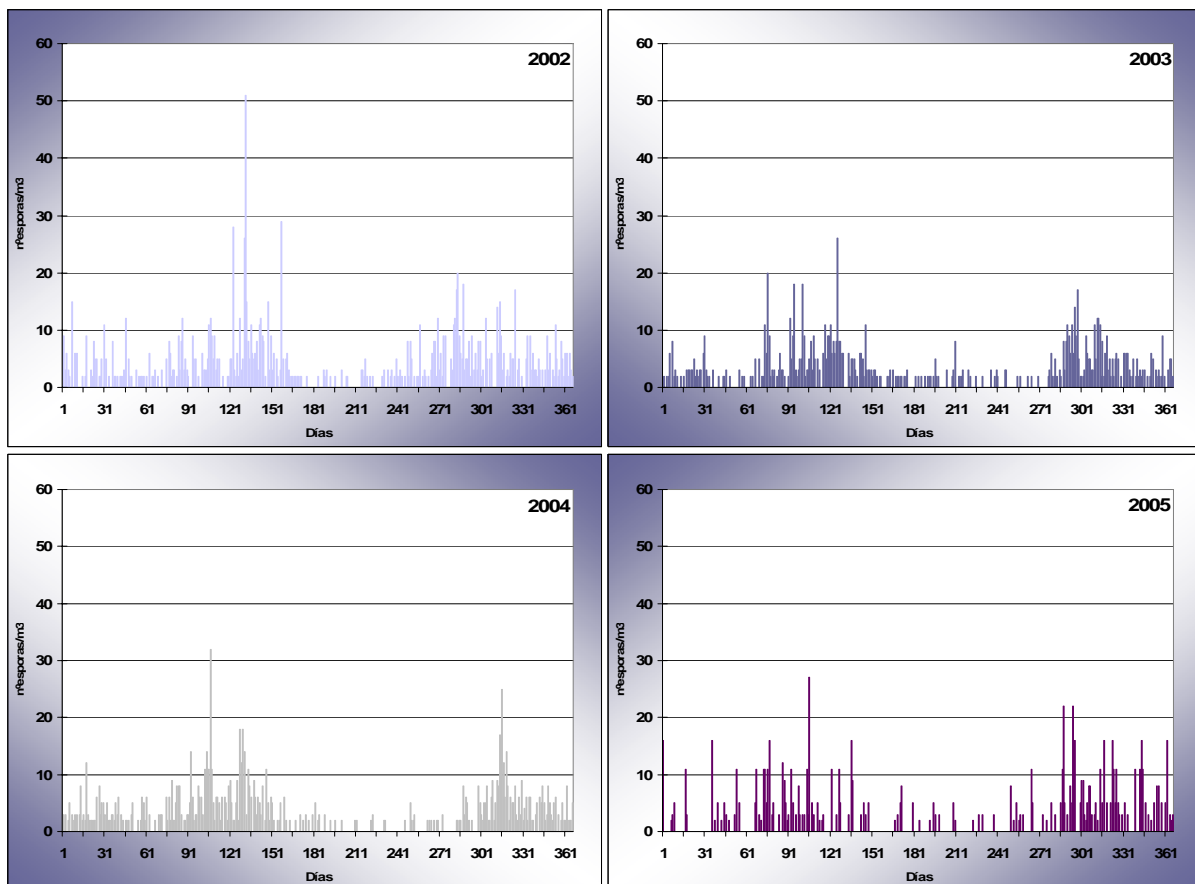
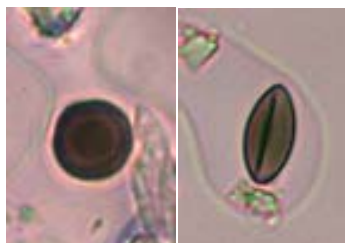


Fig.4.194. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Alternaria* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.3. Tipo *Arthrinium*

Descripción



Género *Arthrinium* Kunze, in Kuntze & Schmidt, *Mykologische Hefte* (Leipzig) 1: 9 (1817). Hongo imperfecto que constituye el estado anamorfo de la familia Apiosporaceae (Ascomycota). Presenta conidios unicelulares, ovoide-fusiformes, de 5-18 x 3-10 μm , de color marrón oscuro, sin septos, superficie lisa y con un surco germinal ecuatorial.

Variación estacional

Si observamos los índices anuales de los diferentes años muestreados se aprecia un descenso progresivo de los niveles de esporas, ya que el índice anual disminuye en un 60% desde el primer año al último (Fig.4.195). El valor medio anual fue de 429 aunque, como se ha mencionado anteriormente, con una oscilación considerable entre unos años y otros que presentó una diferencia máxima de 375.

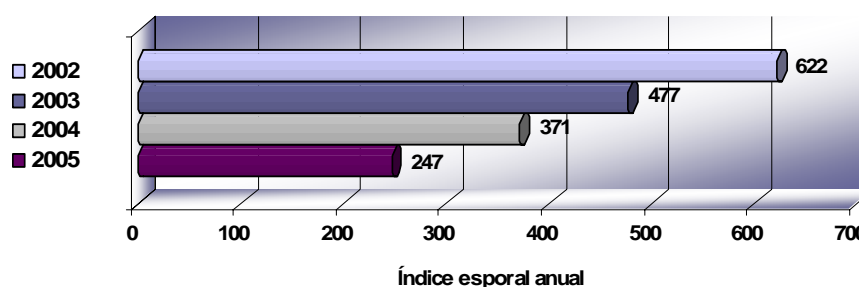


Fig.4.195. Índice esporal anual del tipo *Arthrinium* para los años estudiados.

Al igual que en otros tipos anteriormente descritos, los índices mensuales mostraron sus valores más elevados a comienzos y finales de año, siendo el periodo estival el que presentó índices más bajos, con un 4% del índice anual como media (Fig.4.196). El mes de enero fue uno de los meses con mayores niveles de esporas, apareciendo en primer lugar por orden de abundancia en los años 2003 y 2004. Otros meses de elevados índices de esporas fueron marzo y mayo, así como abril y noviembre, éste último en menor medida.

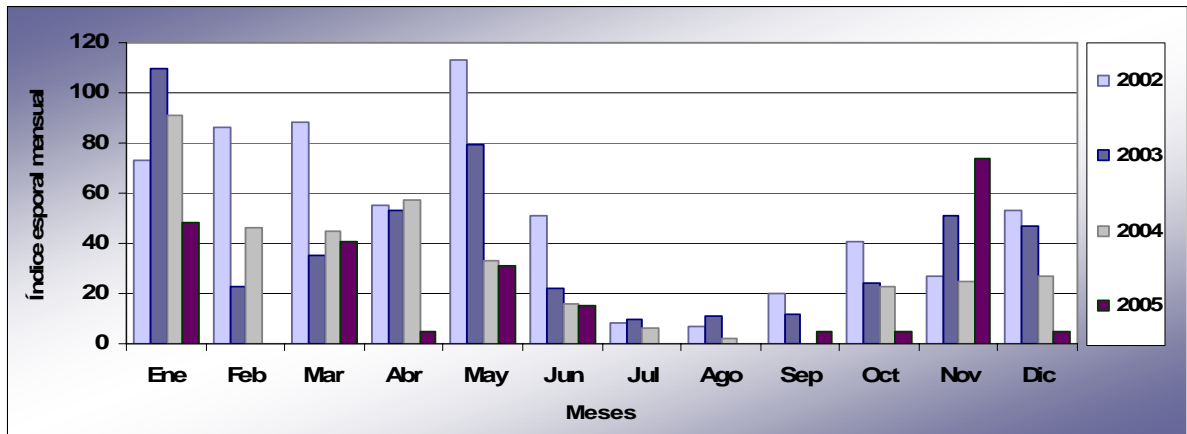


Fig.4.196. Índice esporal mensual del tipo *Arthrinium* durante los años 2002-2005.

Las concentraciones medias diarias se distribuyeron de forma semejante en los diferentes años, con un incremento de los niveles a comienzos y finales de año. El valor máximo de concentración se obtuvo el 19 de marzo de 2002, donde se registraron 30 esporas/m³ de media diaria.

A lo largo de los 4 años, se aprecia un aumento progresivo en el número de días en los que no se detectó la presencia de conidios del tipo *Arthrinium* oscilando entre los 196 hasta los 300 días al año. Asimismo, durante gran parte del año (84% de los días como media) se registraron concentraciones comprendidas entre 1 y 5 esporas/m³, siendo únicamente 18, como valor medio, el número de días que superaron las 5 esporas/m³ de media diaria (Fig.4.197).

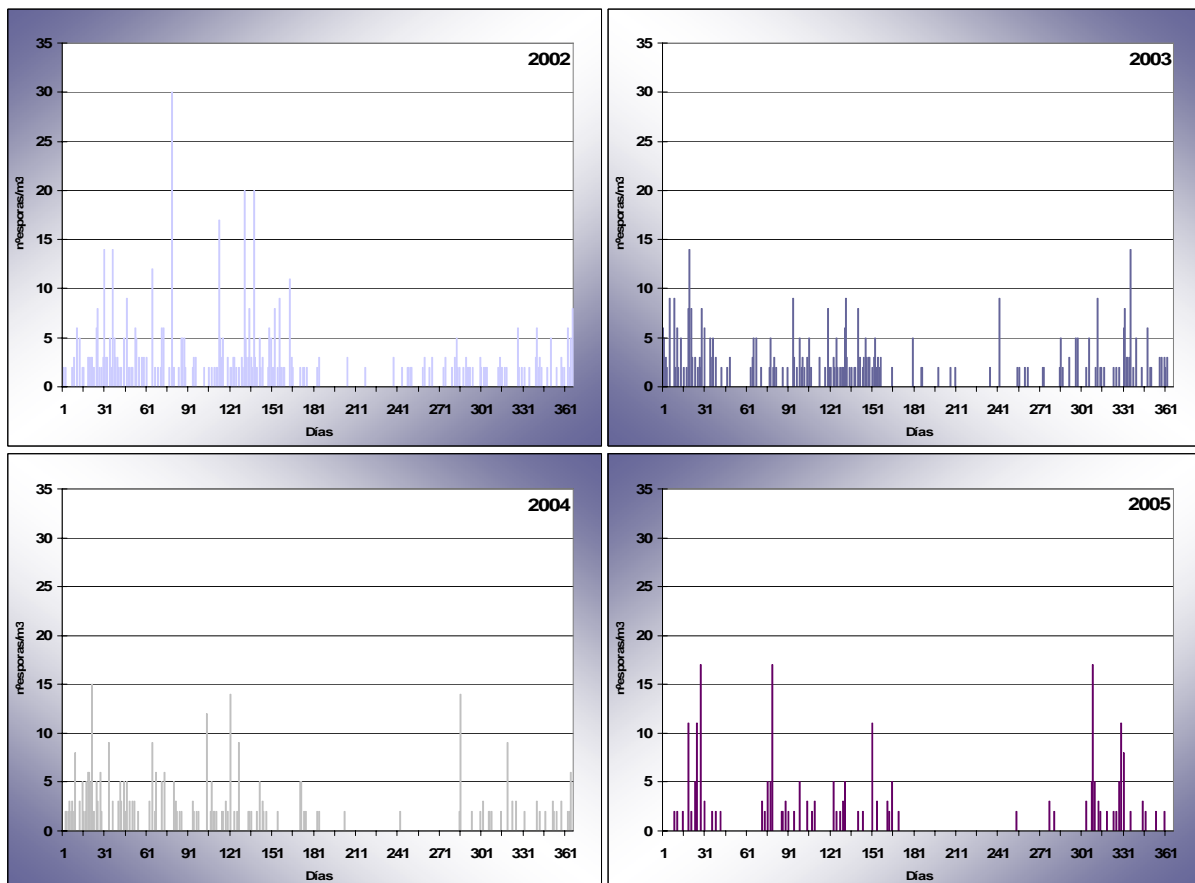


Fig.4.197. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Arthrinium* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.4. Tipo *Botrytis*

Descripción



Género *Botrytis* P. Micheli ex Pers., *Neues Mag. Bot.* 1: 120 (1794): Hongo imperfecto cuya mayor parte de las especies descritas constituyen el estado anamorfo del género *Botryotinia* de la familia Sclerotiniaceae, aunque también de la familias Xylariaceae y Pezizaceae, todas ellas pertenecientes a la división Ascomycota. Presenta conidios unicelulares, ovoides, de 6-22 x 5-13 μm , hialinos o ligeramente pigmentados, sin septos, de superficie lisa y con cicatriz basal. Se diseminan por el viento y mediante el efecto “splash” causado por la lluvia.

Variación estacional

En los cuatro años de muestreo se observaron diferencias considerables en el índice de esporas anual, con una oscilación entre el máximo y el mínimo de 625. De este modo, mientras que en el año 2002 se obtuvo un índice superior a 1000, en el año 2005 no se alcanzó ni la mitad de dicho valor. En los años pares se registraron niveles mayores que en los años impares (Fig.4.198).

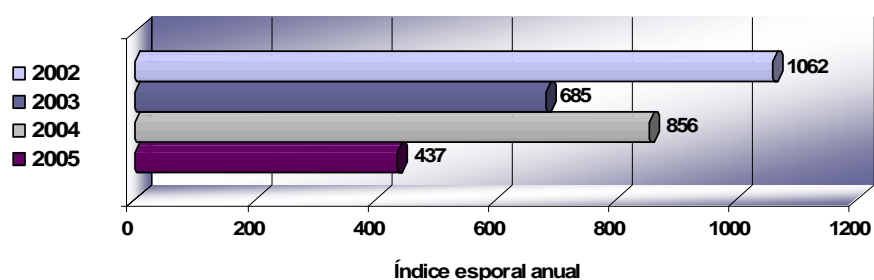


Fig.4.198. Índice esporal anual del tipo *Botrytis* para los años estudiados.

Los meses de marzo y abril fueron los que registraron los mayores índices mensuales, el primero en los años 2004 y 2005, y el segundo en los años 2002 y 2003. El valor máximo se obtuvo en marzo de 2004, con un índice de 300, lo que representó el 35% del índice anual. Por el contrario, los meses comprendidos entre junio y septiembre fueron los que contuvieron índices menores suponiendo tan sólo un 1% como media del total anual (Fig.4.199). En los tres últimos meses del año los niveles se incrementaron de nuevo, aunque de manera menos intensa, constituyendo el 17% del índice anual.

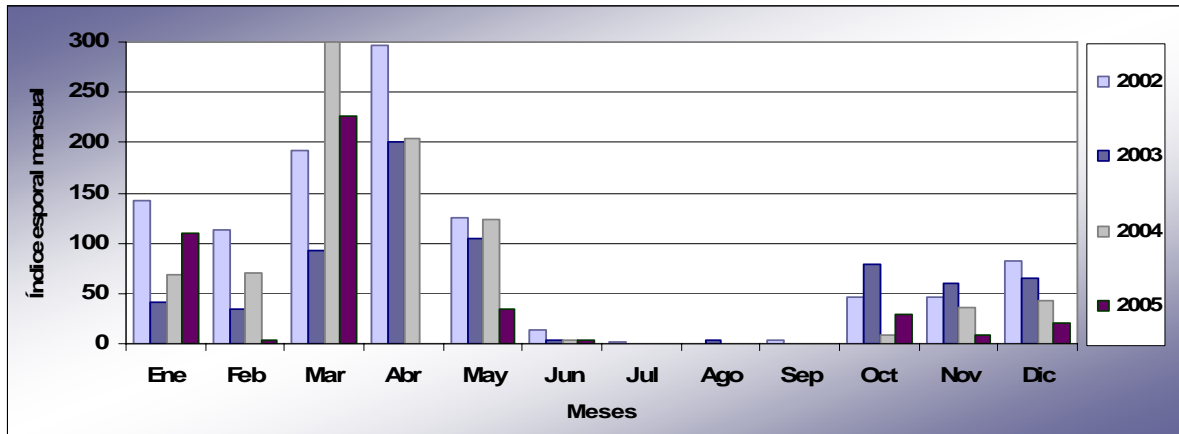


Fig.4.199. Índice esporal mensual del tipo *Botrytis* durante los años 2002-2005.

Las concentraciones medias diarias presentaron dos periodos a lo largo del año en el que las concentraciones fueron más elevadas. El primero entre finales del invierno y primavera y el segundo, de menor intensidad, que comprendió el otoño e invierno, de modo que el único periodo de tiempo sin presencia de este tipo esporal o bien con niveles mínimos fue la época estival (Fig.4.200). El 24 de marzo del año 2004 fue el día en el que se registró la máxima concentración con 92 esporas/m³. Sin embargo, los días con niveles por encima de las 10 esporas/m³ fueron escasos, detectándose como media 16 días al año. El mayor número de días con esporas presentaron de 1 a 5 esporas/m³, mientras que en una media de 221 días se registraron niveles nulos.

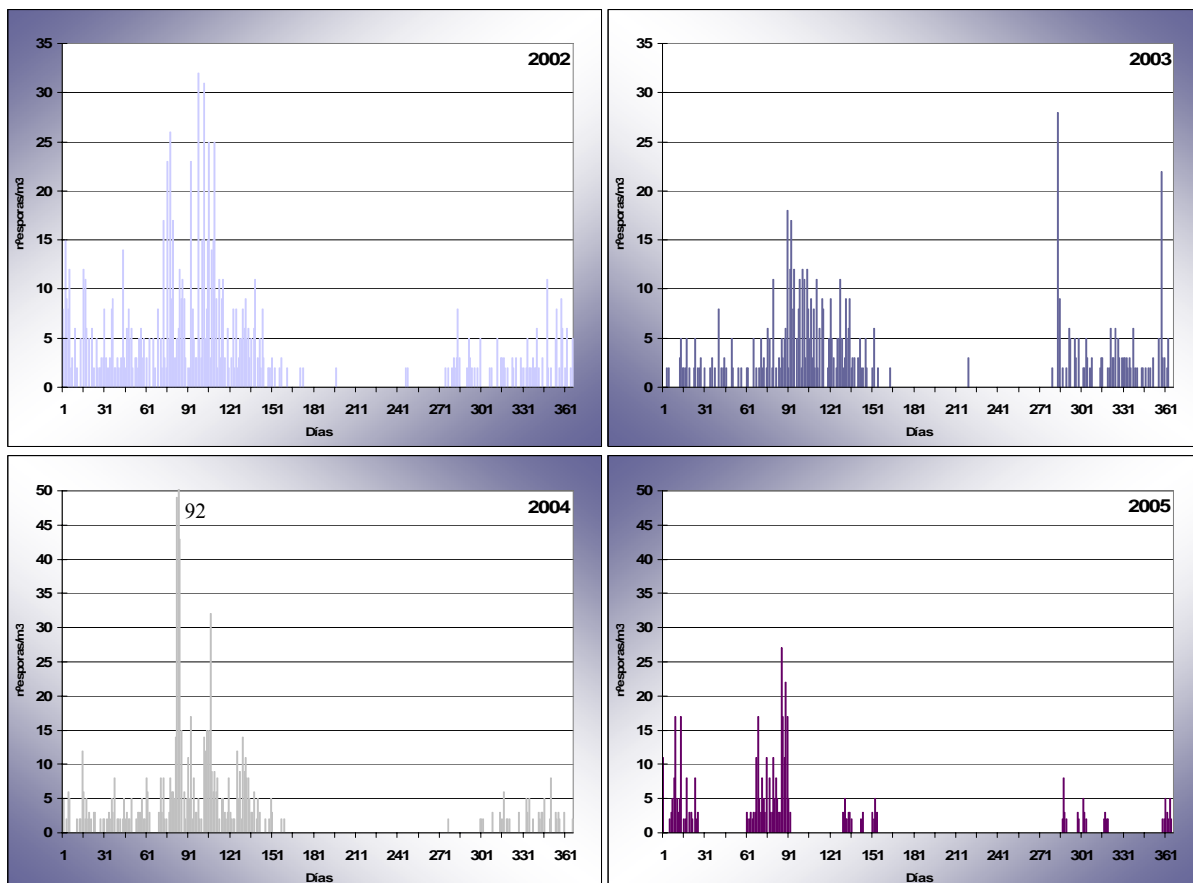
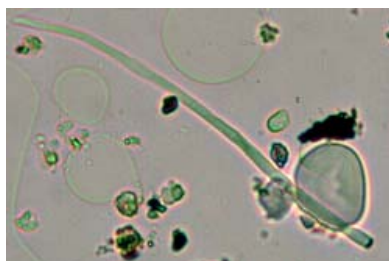


Fig.4.200. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Botrytis* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.5. Tipo *Cercospora*

Descripción



El género *Cercospora* Fresen., (1863) que da nombre a este tipo esporal se engloba dentro de los hongos imperfectos, estando considerado como el anamorfo del género *Mycosphaerella*, incluido en la familia Mycosphaerellaceae (orden Capnodiales) y perteneciente a la división Ascomycota. Presenta conidios pluricelulares, solitarios, vermiformes, de 60-200 x 2,5-5 μm , hialinos, con septos transversales, superficie lisa y cicatriz basal.

Variación estacional

El índice de esporas calculado para el periodo completo de estudio fue de 839 (210 de media anual), donde los 3 primeros años presentaron un valor similar, con un índice medio de 236, observándose un descenso en el cuarto año de muestreo que apenas superó un valor de 130 (Fig.4.201).

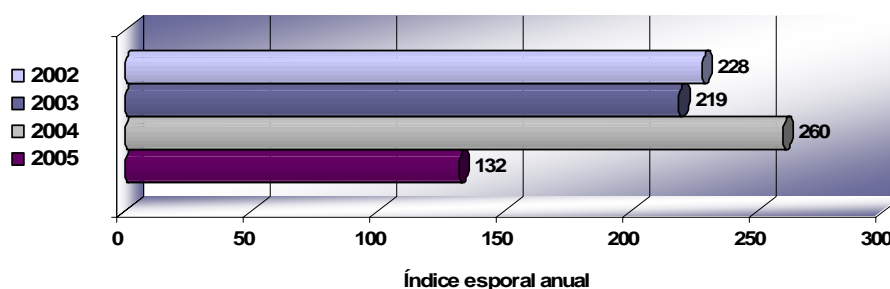


Fig.4.201. Índice esporal anual del tipo *Cercospora* para los años estudiados.

Los meses que presentaron los índices más elevados fueron los tres últimos del año donde se alcanzó más de la mitad del índice anual como media. Los valores máximos se registraron en el mes de noviembre, a excepción del año 2002 cuyo índice mensual más alto se correspondió con el logrado en el mes de diciembre. Asimismo, los índices obtenidos en el periodo comprendido de febrero a mayo fueron también destacables, mientras que los valores más bajos corresponden a la época estival donde la suma de los índices mensuales sólo alcanzó poco más del 4% del índice anual como media (Fig.4.202).

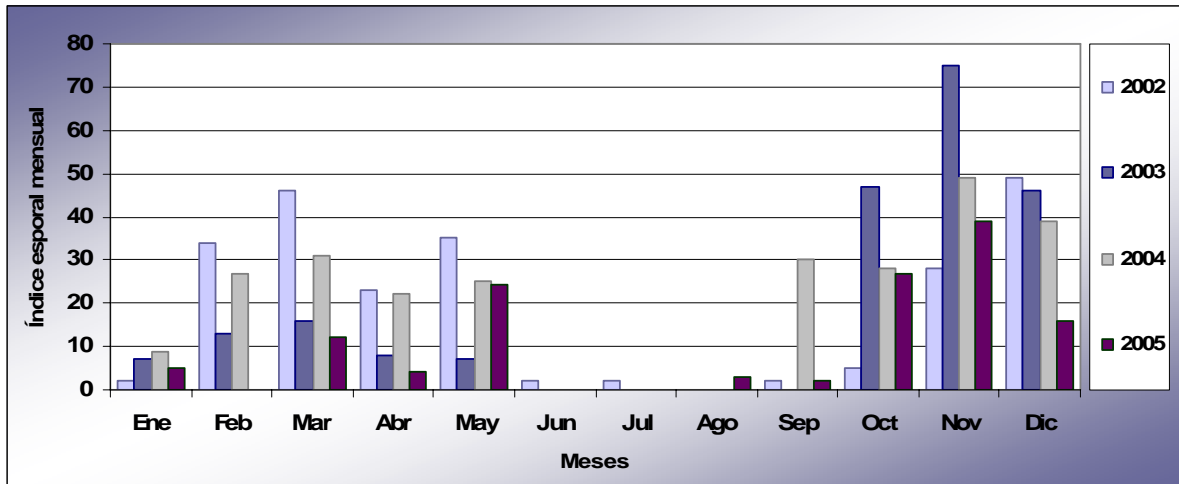


Fig.4.202. Índice esporal mensual del tipo *Cercospora* durante los años 2002-2005.

Este tipo esporal presentó dos periodos a lo largo del año en el que las concentraciones son más elevadas. Uno generalmente más intenso (excepto en el año 2002) en otoño y otro entre finales del invierno y principios de la primavera. El día pico correspondió al 28 de septiembre de 2004 con una concentración de 28 esporas/m³, aunque cabe destacar que de los 62 días como media en los que se detectó presencia esporal, 53 se mantuvieron con concentraciones que no superaron las 5 esporas/m³ de aire y únicamente una media de 2 días al año superaron las 10 esporas/m³ (Fig.4.203).

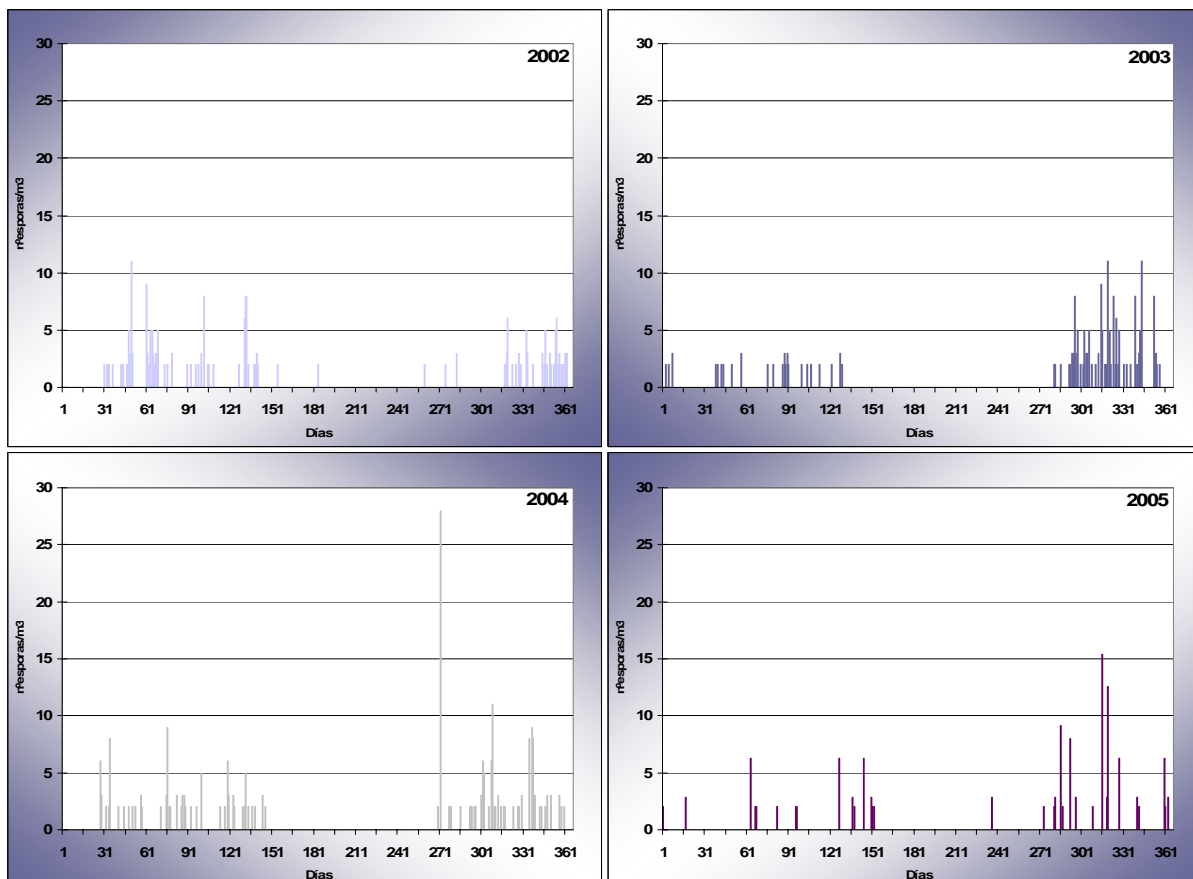


Fig.4.203. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Cercospora* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.6. Tipo *Chaetomium*

Descripción



El género *Chaetomium* Kunze, *Mykologische Hefte* (Leipzig) 1: 15 (1817), perteneciente a la división Ascomycota e incluido en el orden Sordariales (familia Chaetomiaceae) que presenta ascosporas unicelulares, de elipsoidales a citriformes, de 6-17 x 4,5-9 μm , de color marrón oliváceo, sin septos, con superficie lisa y uno o dos poros germinativos.

Variación estacional

En todos los años de muestreo se detectaron índices anuales muy similares a excepción del registrado en el año 2004 donde el valor superó el doble del de los restantes años (Fig.4.204). Así, mientras que la oscilación máxima del índice anual entre los dos primeros años y el último fue de 15, entre éstos y el año 2004, esta oscilación ascendió a 162.

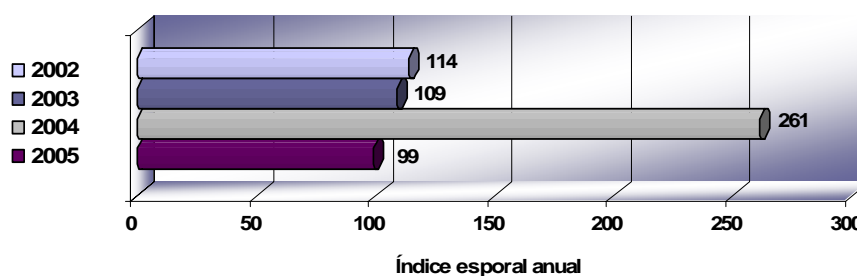


Fig.4.204. Índice esporal anual del tipo *Chaetomium* para los años estudiados.

Los primeros 5 meses del año fueron los que presentaron mayores índices de esporas mensuales, siendo enero el mes con el índice mensual máximo en el caso de los dos últimos años de muestreo y mayo en los dos primeros. El máximo absoluto se detectó en enero de 2004 que con un índice de 86 supuso el 59% del índice anual de ese año. En los restantes años no existieron divergencias tan amplias entre los distintos meses, siendo por regla general el periodo estival el que presentó menores niveles de este tipo esporal (Fig.4.205).

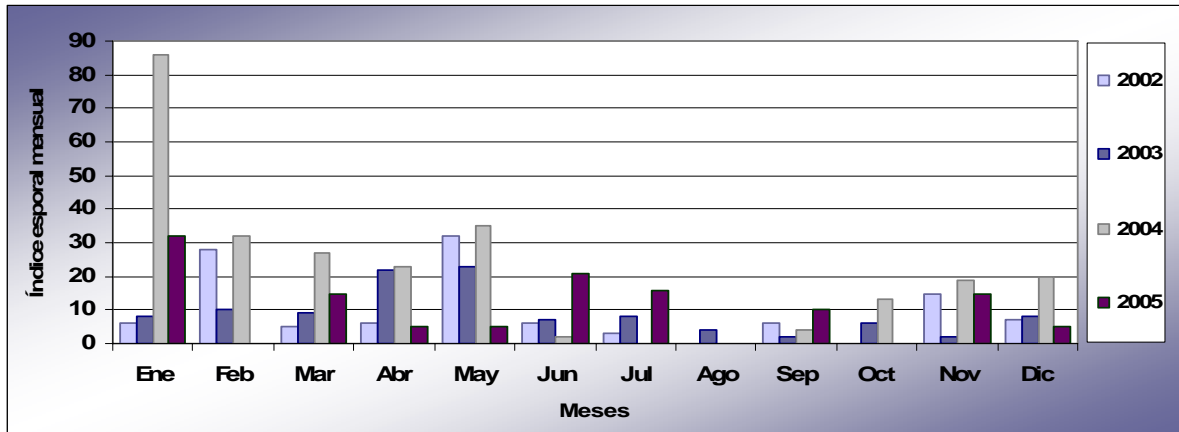


Fig.4.205. Índice esporal mensual del tipo *Chaetomium* durante los años 2002-2005.

En relación con las concentraciones medias diarias cabe destacar la distribución bastante homogénea a lo largo de todo el año, siendo un poco más frecuente la presencia de este tipo esporal en la primera mitad, en el que no se pudo apreciar un pico máximo a excepción del año 2004, en el que se observó un incremento de los niveles durante el mes de enero, con un máximo el día 22 de 36 esporas/m³. El número de días con concentraciones nulas fue elevado, estableciéndose una media de 313 días al año. Entre los días con presencia de este tipo esporal sólo en el año 2004 se superaron las 10 esporas/m³, mientras que el 94% como media de los días del año presentaron unos niveles comprendidos en un rango de 1 a 5 esporas/m³ (Fig.4.206).

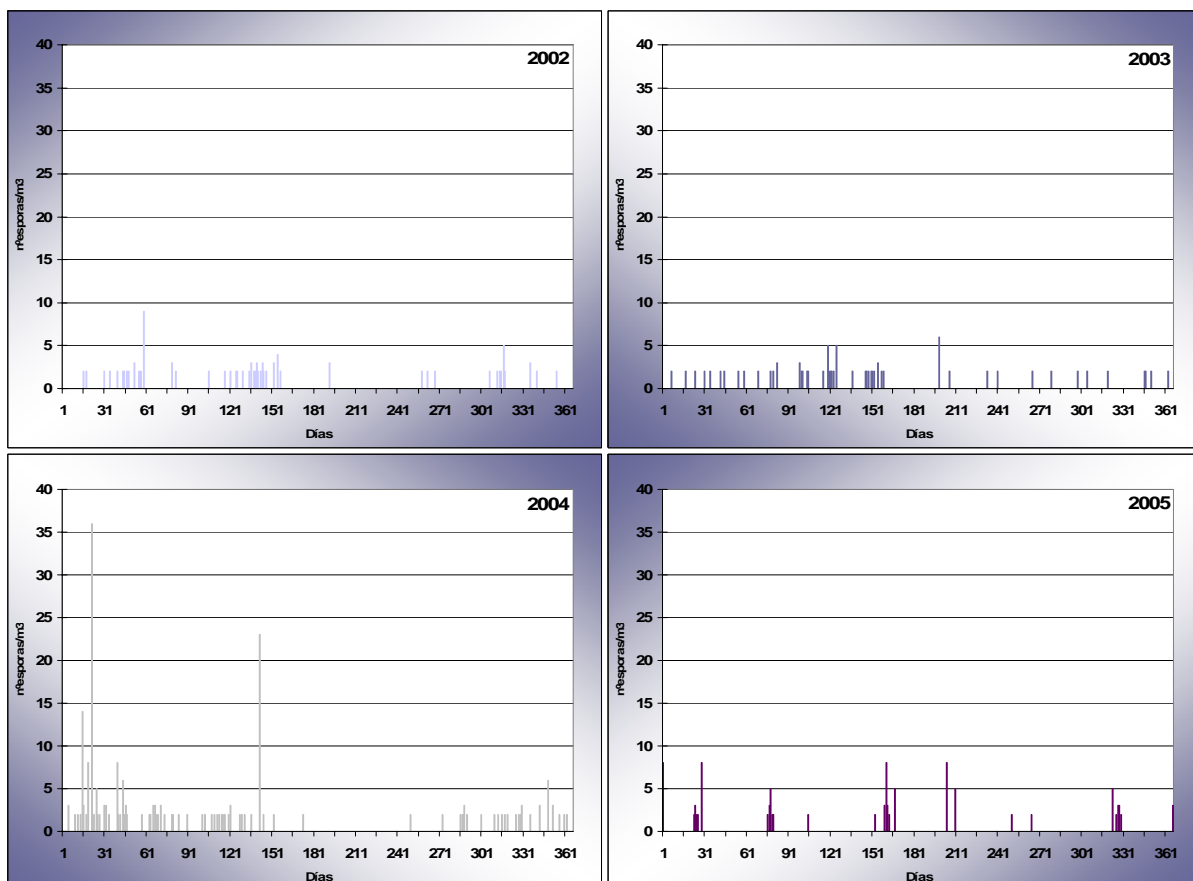


Fig.4.206. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Chaetomium* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.7. Tipo *Coprinus*

Descripción



El género *Coprinus* Pers., *Tent. disp. meth. Fung.*: 62 (1797) es un hongo perteneciente a la división Basidiomycota e incluido en el orden Agaricales (familia Agaricaceae) que presenta basidiosporas unicelulares, de ovoides a elipsoidales, de 7-22 x 4-13 μm , de color marrón oscuro, pared gruesa, superficie lisa y presencia de poro germinativo.

Variación estacional

A lo largo del periodo de muestreo este tipo esporal presentó considerables variaciones en relación con su índice anual ya que en el segundo año de estudio se registró un índice que casi dobló su valor si lo comparamos con el del primer año. Aun mayor fue el cambio experimentado en los dos últimos años, que si bien mostraron unos niveles más próximos entre sí, la diferencia con los anteriores fue muy acusada ya que registraron un valor medio del índice anual que no llegó ni a la cuarta parte del índice del año anterior (Fig.4.207).

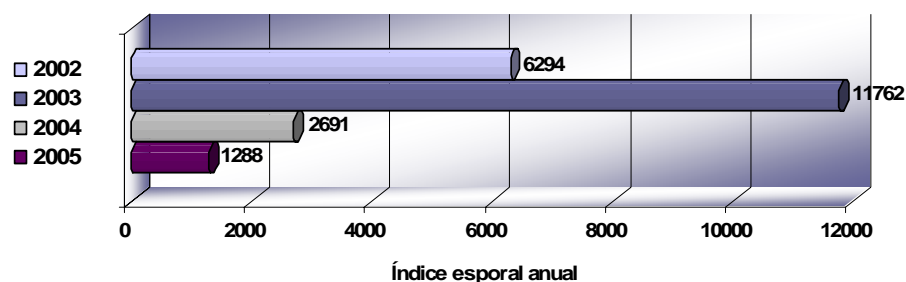


Fig.4.207. Índice esporal anual del tipo *Coprinus* para los años estudiados.

Si observamos los índices mensuales es posible apreciar los altos niveles alcanzados en los meses de octubre y noviembre en el año 2003, cuyo máximo en octubre sobrepasó el valor de 5.300. Los restantes años mostraron el índice mensual más elevado también en octubre en el caso del año 2005, y en diciembre si fueron años pares. Por tanto, el mayor porcentaje del índice anual se concentró en los tres últimos meses del año junto con el periodo comprendido desde marzo a mayo, contribuyendo con el 90,4% como media al índice anual. Por el contrario, los meses de junio a septiembre, con niveles mínimos, representaron únicamente el 3% como media del índice anual (Fig.4.208).

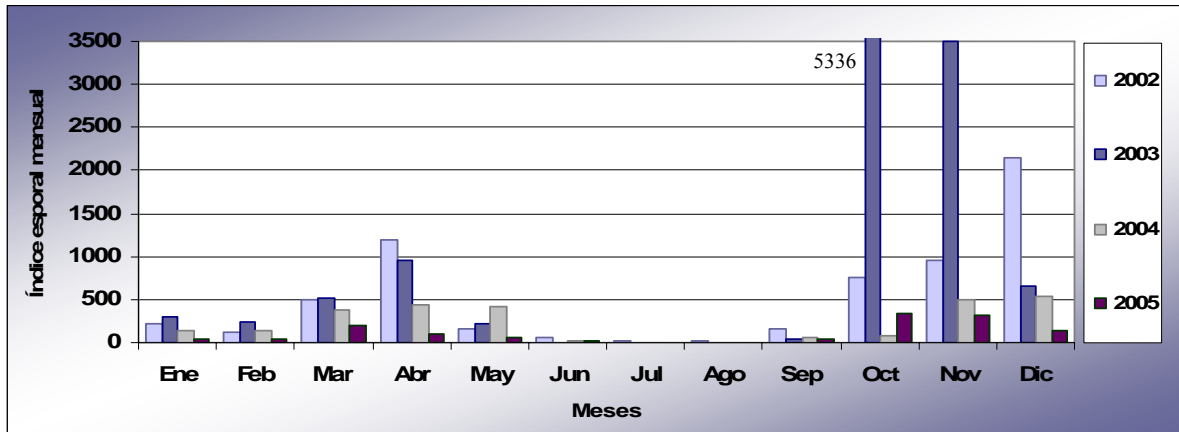


Fig.4.208. Índice esporal mensual del tipo *Coprinus* durante los años 2002-2005.

Las concentraciones medias diarias alcanzaron los valores más elevados a principios y a finales de año mediante una serie de picos sucesivos que presentaron los niveles más altos en otoño y primavera. El pico más importante se produjo entre octubre y diciembre dependiendo del año, estableciéndose el máximo absoluto el 28 de octubre de 2003 con 952 esporas/m³. Durante el periodo estival las concentraciones fueron prácticamente nulas (Fig.4.209).

El número de días sin esporas fue incrementándose a lo largo de los años, estableciéndose una media de 136 días al año. El 60% de los días presentaron menos 10 esporas/m³ y mientras que una media de 83 días al año en los tres primeros años registraron entre 10 y 50 esporas/m³, no fue así en el año 2005 donde sólo alcanzaron esa cifra 38 días. El número de días que superaron dichas cantidades fueron escasos, siendo 44 en los dos primeros años y 3 en los dos últimos, como media.

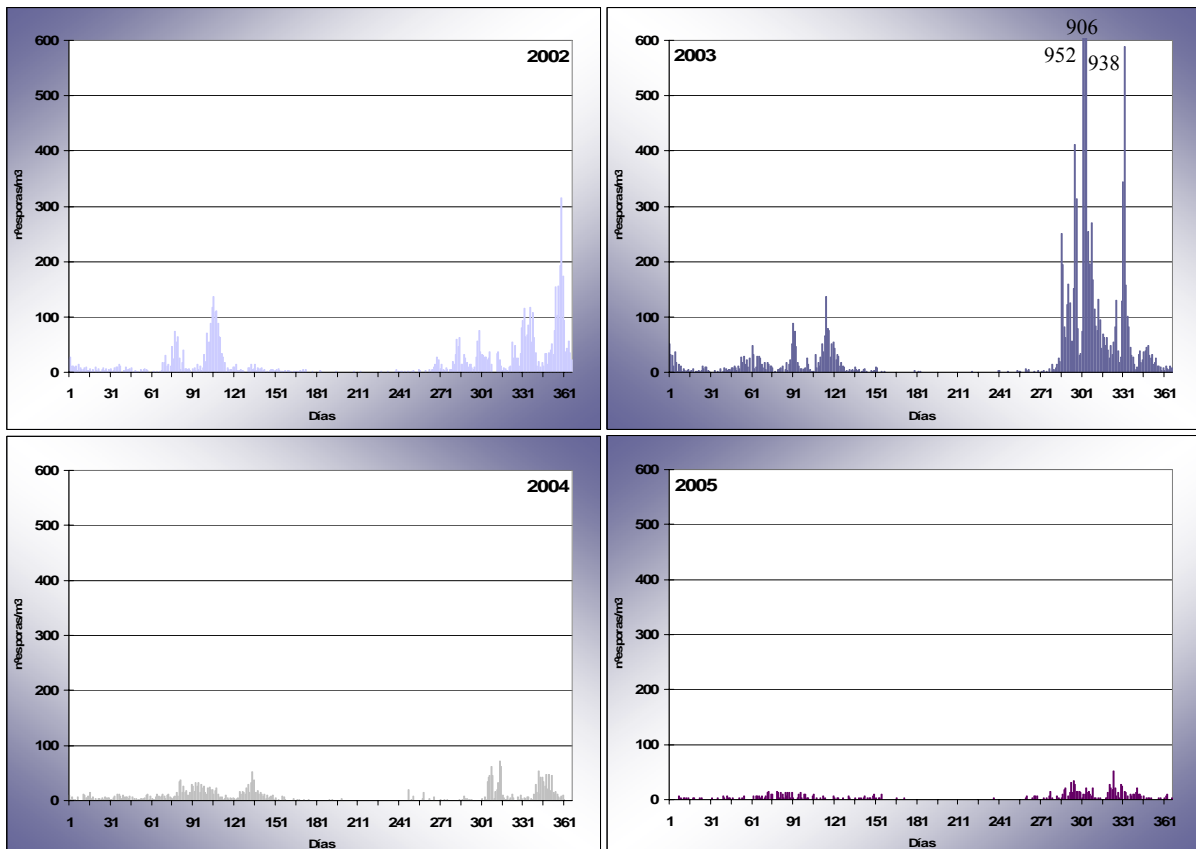


Fig.4.209. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Coprinus* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.8. Tipo *Cortinarius*

Descripción



El género *Cortinarius* (Pers.) Gray, *Nat. Arr. Brit. Pl.* (London) 1: 627 (1821) que da nombre a este tipo esporal, se trata de un hongo perteneciente a la división Basidiomycota e incluido en el orden Agaricales (familia Cortinariaceae) que presenta basidiosporas unicelulares, amigdaliformes, de 6-13 x 4,5-7 μm , de amarillentas a ocráceas, superficie verrucosa y apéndice basal.

Variación estacional

Este tipo esporal presentó un índice esporal anual medio para el total del periodo muestreado de 251, aunque se encuentra desigualmente repartido a lo largo de los años ya que se observó un descenso progresivo en el valor del índice anual obtenido. De este modo, el índice calculado para el año 2005 fue casi 6 veces inferior al índice alcanzado en el año 2002, no superando la centena (Fig.4.210).

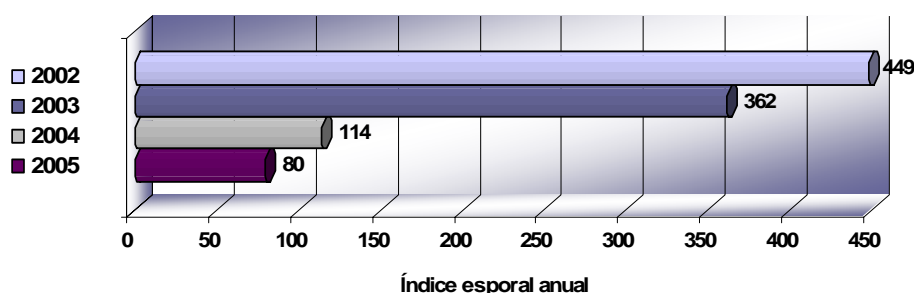


Fig.4.210. Índice esporal anual del tipo *Cortinarius* para los años estudiados.

El mes de diciembre fue el que alcanzó los mayores índices mensuales en todos los años excepto en el año 2003, que obtuvo un valor ligeramente superior en el mes de noviembre. El índice mensual máximo se registró en diciembre de 2002, con un valor de 325. Desde mayo a septiembre los valores de los índices mensuales fueron prácticamente nulos, mientras que en el último trimestre del año fue cuando se acumuló el mayor porcentaje del índice anual, con valores que oscilaron entre el 53 y el 87% de los años 2005 y 2002, respectivamente (Fig.4.211).

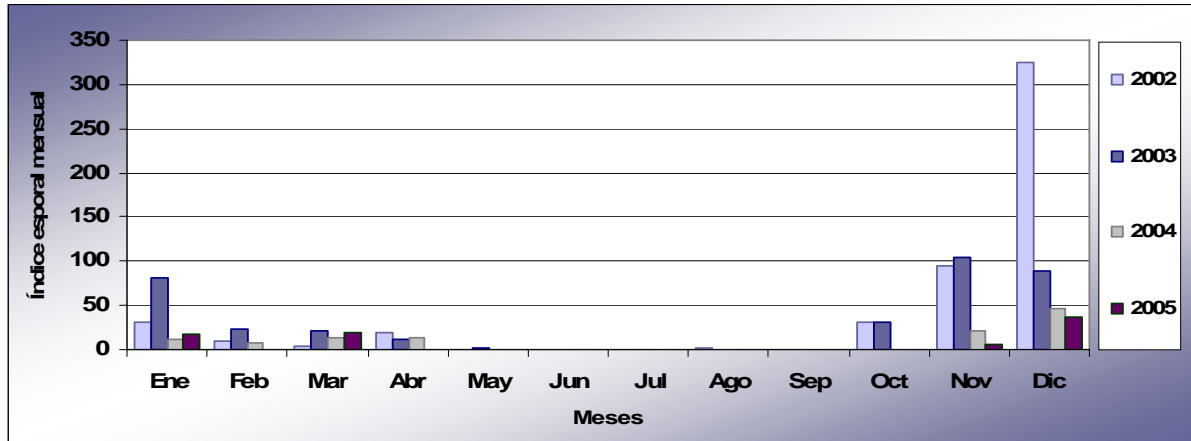


Fig.4.211. Índice esporal mensual del tipo *Cortinarius* durante los años 2002-2005.

En lo que a distribución de las medias diarias se refiere, se observaron dos periodos de mayor concentración esporal, aunque de diferente intensidad. Uno mayor a finales de año, donde se registraron los valores máximos, y otro a comienzos de año de menor importancia. En los meses más secos y calurosos las concentraciones fueron prácticamente nulas, apareciendo en algunos años de forma esporádica. El máximo se detectó el 4 de diciembre de 2002, con 26 esporas/m³. Se contabilizaron una media de 60 días al año con esporas de los cuales, la mayoría presentó una concentración comprendida en un rango entre 1 y 5 esporas/m³ (Fig.4.212).

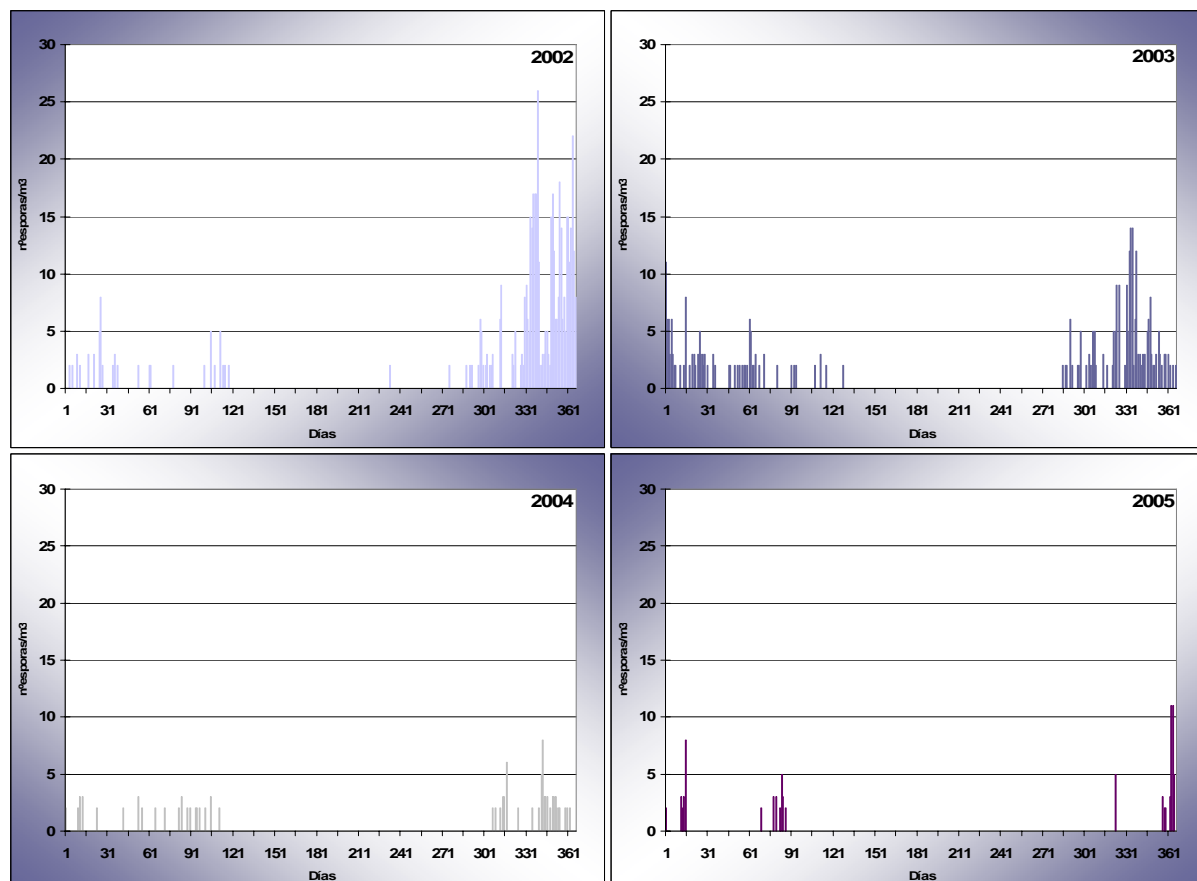
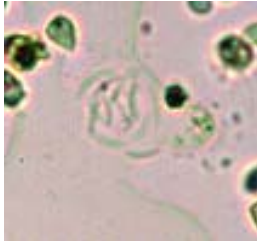


Fig.4.212. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Cortinarius* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.9. Tipo Diatrypaceae

Descripción



La familia Diatrypaceae Nitschke [as 'as 'Diatrypeae"], *Verh. naturh. Ver. preuss. Rheinl.* 26: 73 (1869), que da nombre a este tipo esporal, está incluido en la división Ascomycota (orden Xylariales) y presenta ascosporas unicelulares, de alantoides a moderadamente curvadas y 4-9 x 1-2,5 μm , de hialinas a amarillentas, sin septos, extremos redondeados con o sin gúttulas y superficie lisa.

Variación estacional

El índice de esporas anual medio registrado durante el periodo de estudio fue de 1.305, detectándose unos valores más elevados en los años pares donde los índices superaron valores de 1.500. Sin embargo, los años impares contuvieron los índices esporales más bajos, especialmente el del año 2005 ya que presentó un valor de un 46% inferior a la media (Fig.4.213).

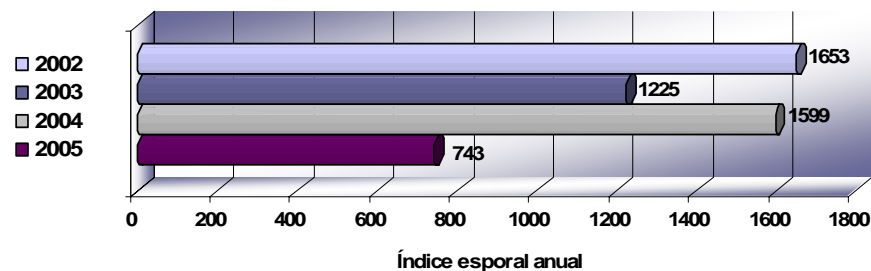


Fig.4.213. Índice esporal anual del tipo Diatrypaceae para los años estudiados.

Los meses que mostraron una mayor abundancia de esporas del tipo Diatrypaceae fueron octubre, noviembre y diciembre, excepto en el año 2002 cuyos mayores índices mensuales aparecieron en marzo y abril, meses en los que se registró el 60% del contenido anual, siendo abril de este año el mes que presentó el máximo mensual del periodo estudiado, con un índice de 810. De junio a septiembre los índices mensuales fueron prácticamente de 0 en todos los años a excepción del 2002 en el que las esporas registradas durante este periodo representaron el 10% del índice total. En los tres últimos años, el 80% del índice total anual se concentró en el último trimestre del año. (Fig.4.214).

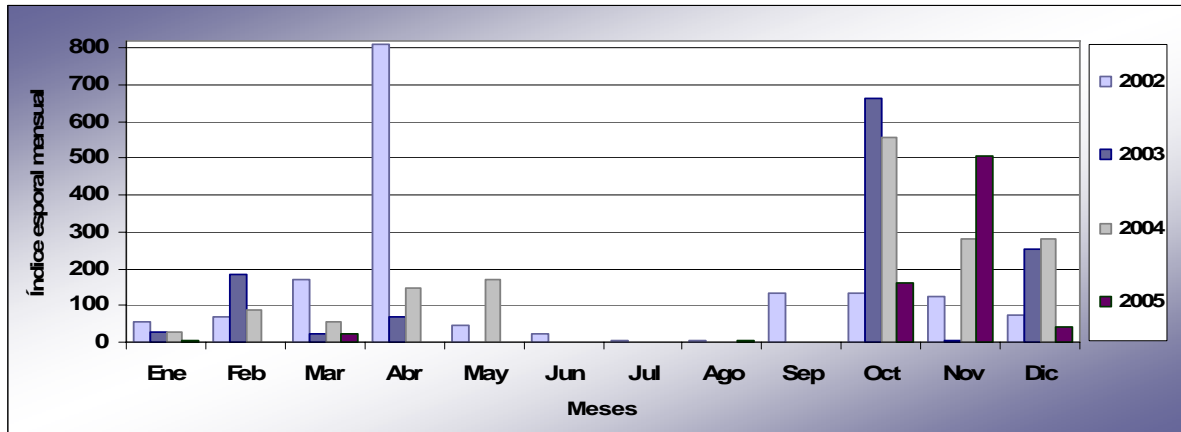


Fig.4.214. Índice esporal mensual del tipo Diatrypaceae durante los años 2002-2005.

En lo que a concentraciones medias diarias se refiere, este tipo esporal aparece en la atmósfera del interior de la cueva fundamentalmente a principio y final de año, con un pico muy variable en el tiempo y alcanzando concentraciones, por término general, más elevadas en este último periodo. Como media sólo se contabilizaron 35 días al año con presencia de esta espora, de los cuales, el 45% como media presentaron concentraciones comprendidas entre las 10 y las 50 esporas/m³. Por encima de las 50 esporas/m³ se situaron una media de 7 días cuyo máximo se registró el 2 de abril de 2002 con 545 esporas/m³ (Fig.4.215).

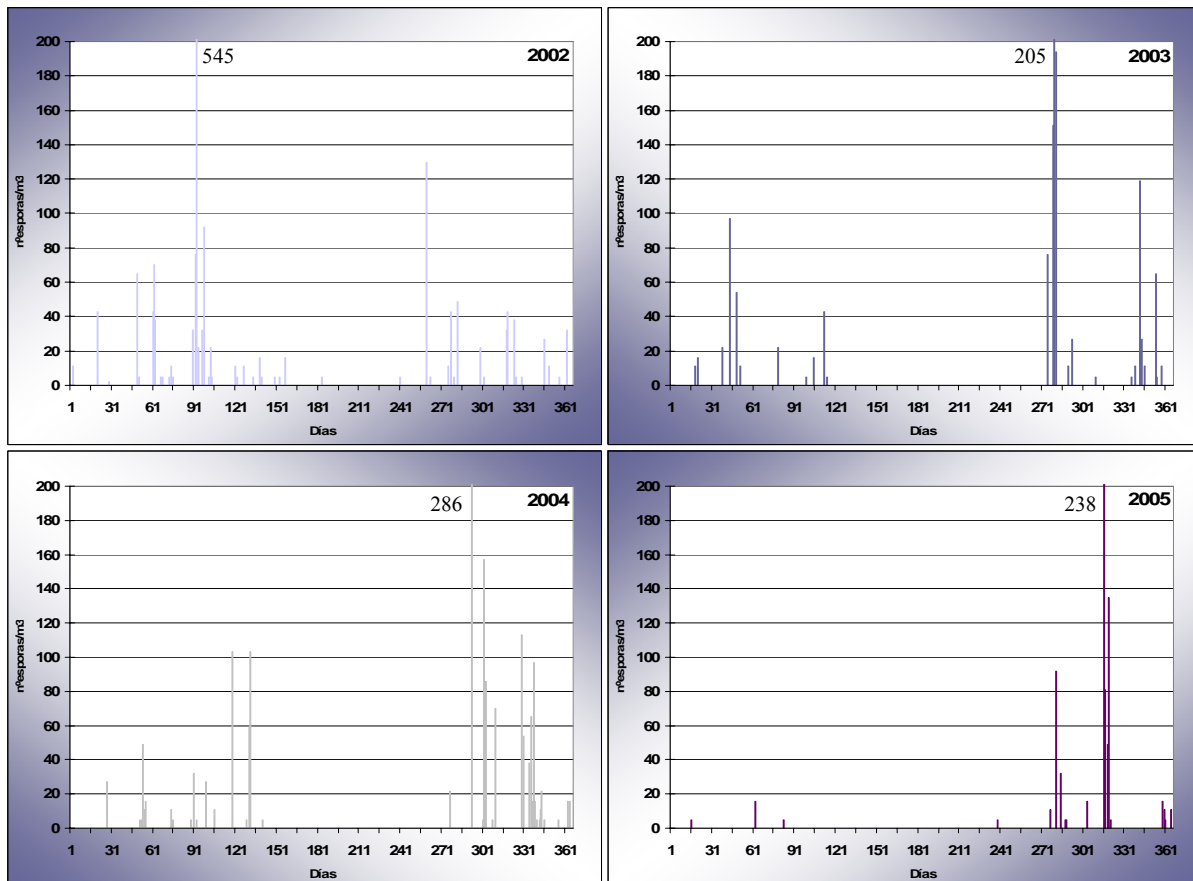


Fig.4.215. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Diatrypaceae para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.10. Tipo *Drechslera*

Descripción



El género *Drechslera* S. Ito, *Proc. Imp. Acad. Japan* 6: 355 (1930) con el que se nombra a este tipo esporal se incluye dentro de los hongos imperfectos cuya mayor parte de las especies descritas constituyen el estado anamorfo de especies de la familia Pleosporaceae, apareciendo entre los teleomorfos conocidos especies de los géneros *Pyrenophora* y *Cochliobolus*. Presenta conidios pluricelulares, clavados, fusiformes o elipsoidales, de 40-120 x 17-28 μm , de ligeramente pigmentados a marrones o verde oscuro, con pseudoseptos transversales, superficie lisa, con cicatriz basal. Clasificadas como esporas “secas” se diseminan por el viento.

Variación estacional

El índice esporal anual medio del periodo de muestreo fue de 209, siendo el año 2002 el que alcanzó niveles más elevados con el 44% del total. Los años impares presentaron valores menores al de los años pares, aunque con índices más similares al obtenido en el año 2004 que al del 2002 que superó al anteriormente citado en un 47% (Fig.4.216).

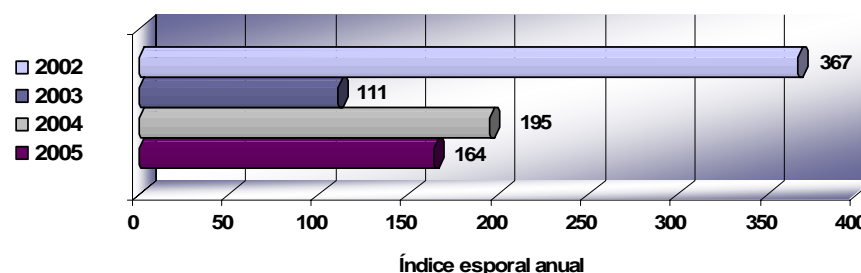


Fig.4.216. Índice esporal anual del tipo *Drechslera* para los años estudiados.

Haciendo referencia a los índices mensuales cabe destacar la mayor presencia de esporas del tipo *Drechslera* durante los meses comprendidos entre febrero y mayo, meses en los que se concentró el 71% del total anual. Excepto en el año 2002 en el que el índice más elevado apareció en mayo, los restantes años presentaron los valores mensuales más altos en febrero, con el 31% como media del índice total anual. En el periodo estival fue cuando se registraron los niveles más bajos, lo que supuso tan sólo el 5% del total anual, como promedio (Fig.4.217).

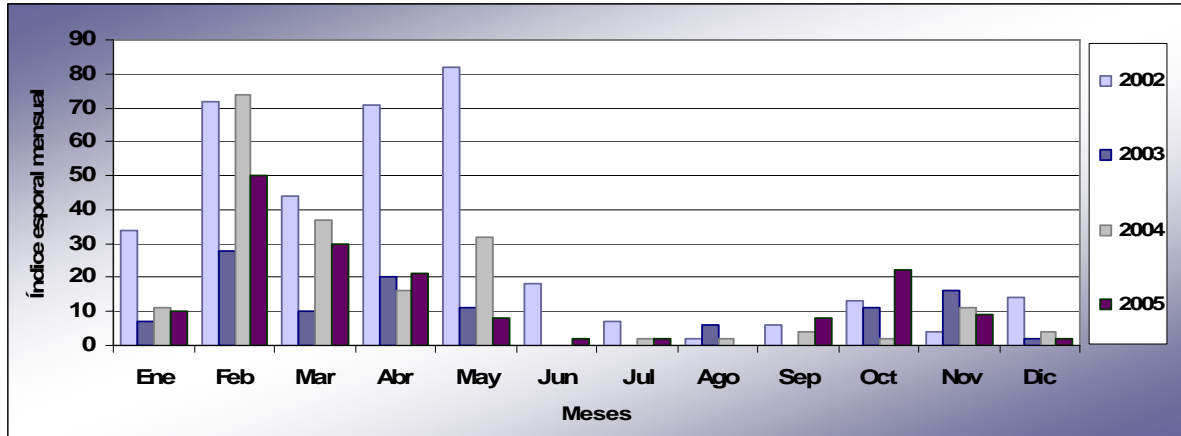


Fig.4.217. Índice esporal mensual del tipo *Deschlera* durante los años 2002-2005.

Si observamos la distribución de las concentraciones medias diarias podemos apreciar la existencia de dos periodos con niveles de esporas más elevados, uno más importante en cuanto a abundancia se refiere a principios de año, con un máximo de concentración en febrero, y otro producido por el incremento de los niveles de esporas tras el periodo estival, entre octubre y noviembre. Mientras que el número de días al año con presencia esporal fue de 49 como media en los últimos tres años, en el año 2002 esta cifra se elevó a 121. El máximo se registró el 20 de febrero de 2004 con 30 esporas/m³, aunque el 95% de los días presentaron concentraciones distribuidas en un rango entre 1 y 5 esporas/m³ (Fig.4.218).

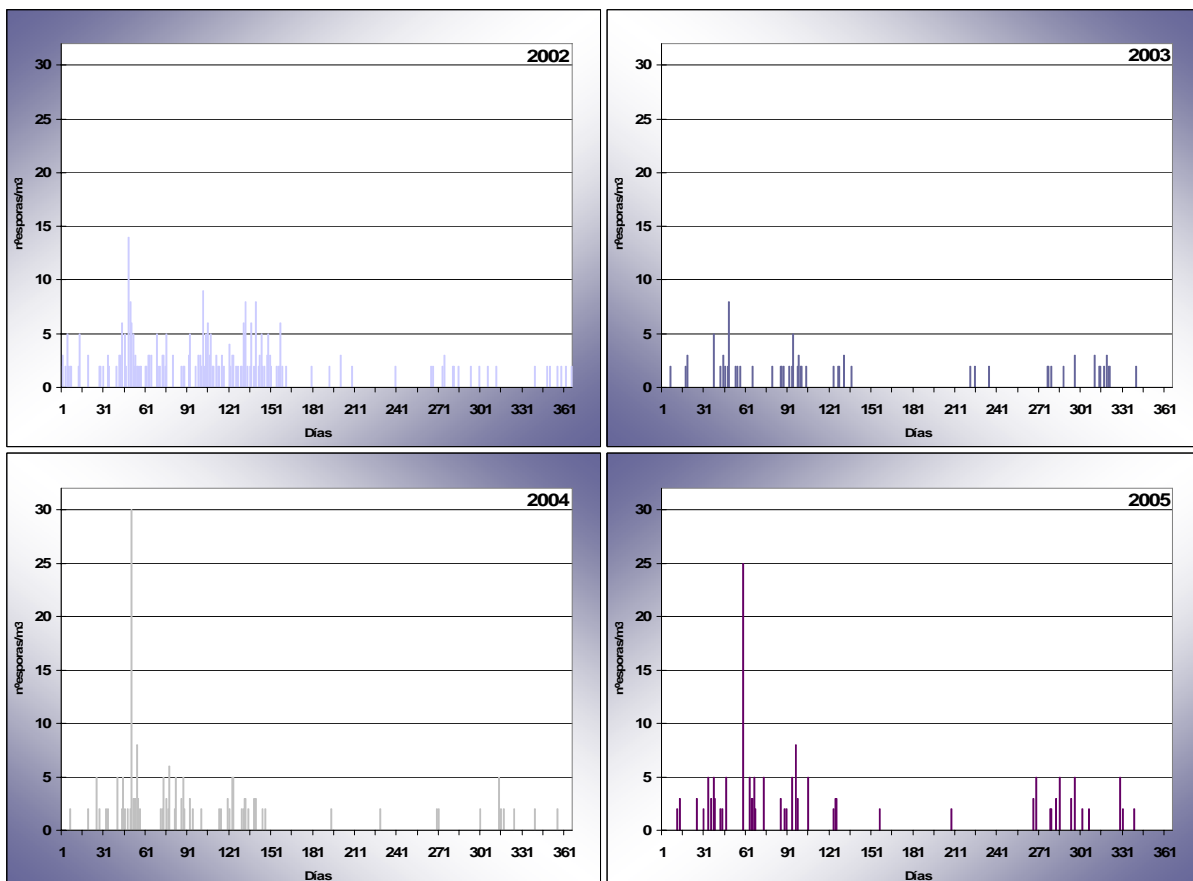
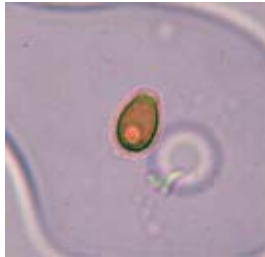


Fig.4.218. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Drechslera* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.11. Tipo *Ganoderma*

Descripción



El género *Ganoderma* P. Karst., *Revue mycol.*, Toulouse 3 (9): 17 (1881) que caracteriza este tipo pertenece a la división Basidiomycota, estando incluido en el orden Polyporales (familia Ganodermataceae) y que presenta basidiosporas unicelulares, de ovoides a elipsoidales, de 6-12 x 4,5-8 μm , de ápice truncado, pared doble, la interna gruesa y ornamentada, de color anaranjado, y la externa lisa e hialina.

Variación estacional

En este tipo esporal se observó un descenso progresivo en el valor de los índices esporales anuales a lo largo de los años de estudio. Así, mientras que el año 2002 presentó un índice cercano a 500, el índice del año 2005 alcanzó un valor de poco más de la mitad del anteriormente comentado (Fig.4.219).

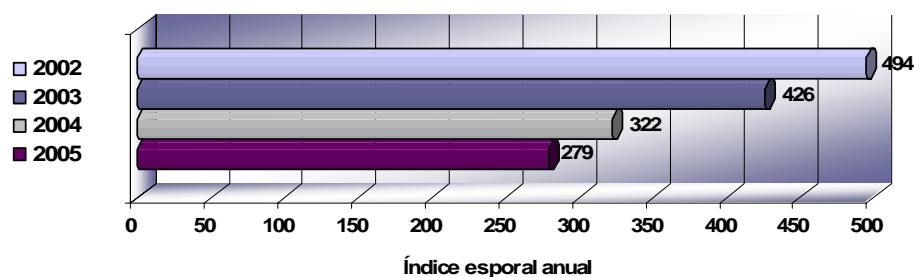


Fig.4.219. Índice esporal anual del tipo *Ganoderma* para los años estudiados.

En relación con los índices mensuales, cabe mencionar la similitud entre los primeros 8 meses del año en el que apenas se superó un valor de 25, observándose un ligero incremento en los meses de abril y mayo. Sin embargo, a partir del mes de septiembre se apreció un incremento considerable, siendo octubre el mes que presentó los mayores índices mensuales, junto con noviembre y septiembre, dependiendo del año. En el caso del mes de octubre, el índice mensual obtenido aportó, como media, el 31% del índice anual (Fig.4.220).

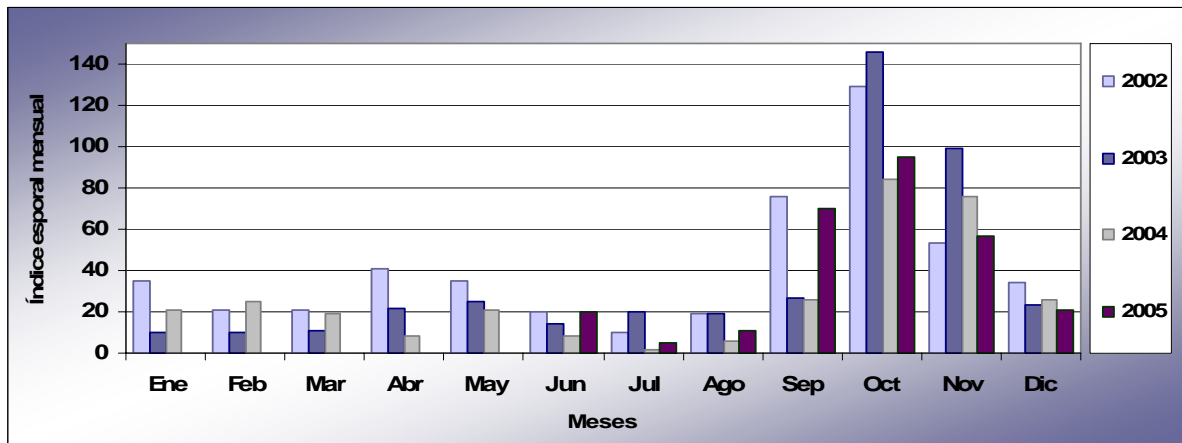


Fig.4.220. Índice esporal mensual del tipo *Ganoderma* durante los años 2002-2005.

En lo que a concentraciones medias diarias se refiere, se observó la presencia esporádica de este tipo esporal durante la mayor parte del año con concentraciones que difícilmente superaron las 5 esporas/m³. A partir de septiembre estos niveles se incrementaron tanto numéricamente como en frecuencia de aparición, estableciéndose el máximo absoluto el día 22 de octubre de 2003, con 20 esporas/m³. El número medio de días en los que se detectaron esporas fue de 126 en los 3 primeros años y de 59 en el último, debido a la ausencia de este tipo esporal en la primera mitad del año. En el 88% de los días se registraron concentraciones esporales por debajo de 5 esporas/m³ (Fig.4.221).

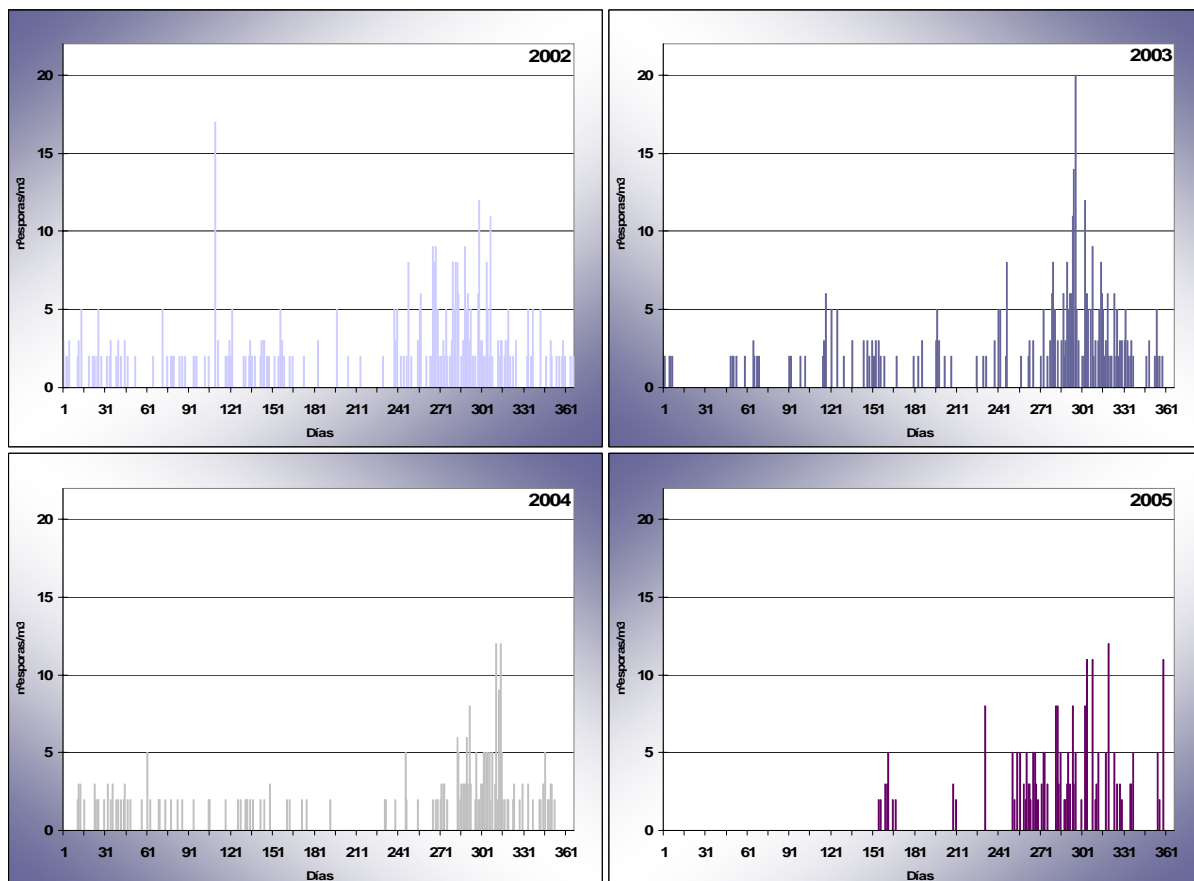


Fig.4.221. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Ganoderma* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.12. Tipo *Helicomyces*

Descripción



El género *Helicomyces* Link, *Magazin Ges. naturf. Freunde, Berlin* 3: 21 (1809), que da nombre a este tipo esporal, se incluye dentro del grupo de los hongos imperfectos y constituyen el estado anamorfo de la familia Tubeufiaceae (Ascomycota), apareciendo entre los teleomorfos conocidos especies del género *Tubeufia*. Presenta conidios pluricelulares, filiformes, de 160-180 x 2-3 μm , hialinos, con septos transversales, enrollados en forma de espiral y con la superficie lisa.

Variación estacional

Este tipo esporal presentó un índice anual medio de 524, con una fuerte tendencia al descenso a lo largo de los 4 años estudiados. Así, el año 2002 se registró un índice anual que constituyó el 32% del total, mientras que los restantes años mostraron índices menores, alcanzando el mínimo en el año 2005, con poco más de la mitad del valor del índice calculado para el primer año (Fig.4.222).

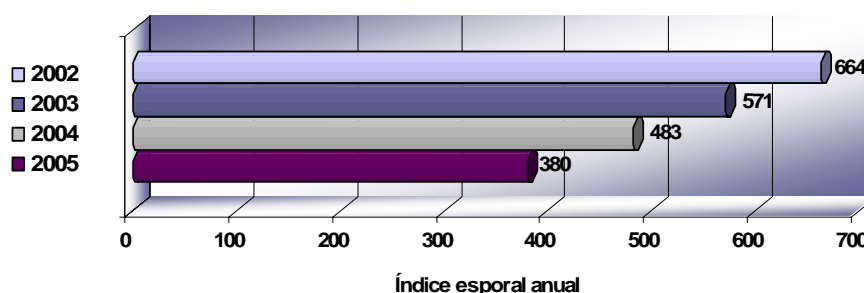


Fig.4.222. Índice esporal anual del tipo *Helicomyces* para los años estudiados.

Tanto los meses primaverales como los otoñales mostraron un índice esporal mensual más elevado, especialmente febrero, abril y mayo. El periodo estival apenas supuso el 1% como media del índice anual. En el último trimestre del año los niveles se incrementaron de nuevo, acumulando un porcentaje del índice anual que osciló entre el 16 y el 49%. El máximo valor se obtuvo en abril de 2002, con un índice de 213, lo que representó el 32% del índice anual (Fig.4.223).

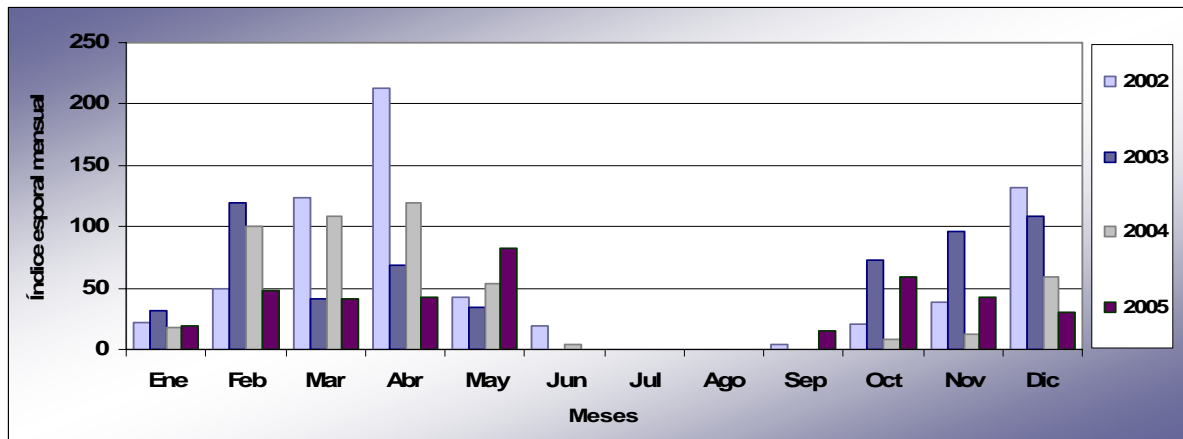


Fig.4.223. Índice esporal mensual del tipo *Helicomyces* durante los años 2002-2005.

Los niveles diarios aumentan en otoño y primavera, con picos máximos variables en función del año, aunque todos se localizaron entre febrero y marzo. La concentración más elevada registrada tuvo lugar el 27 de febrero de 2003, con 49 esporas/m³. Sin embargo, por término general, la mayor parte de los días presentaron una concentración igual o inferior a 5 esporas/m³. La media de días con niveles nulos fue de 270, mientras que sólo unos 13 días al año superaron las 10 esporas/m³ sin llegar a sobrepasar en ningún momento las 50 esporas/m³ de aire (Fig.4.224).

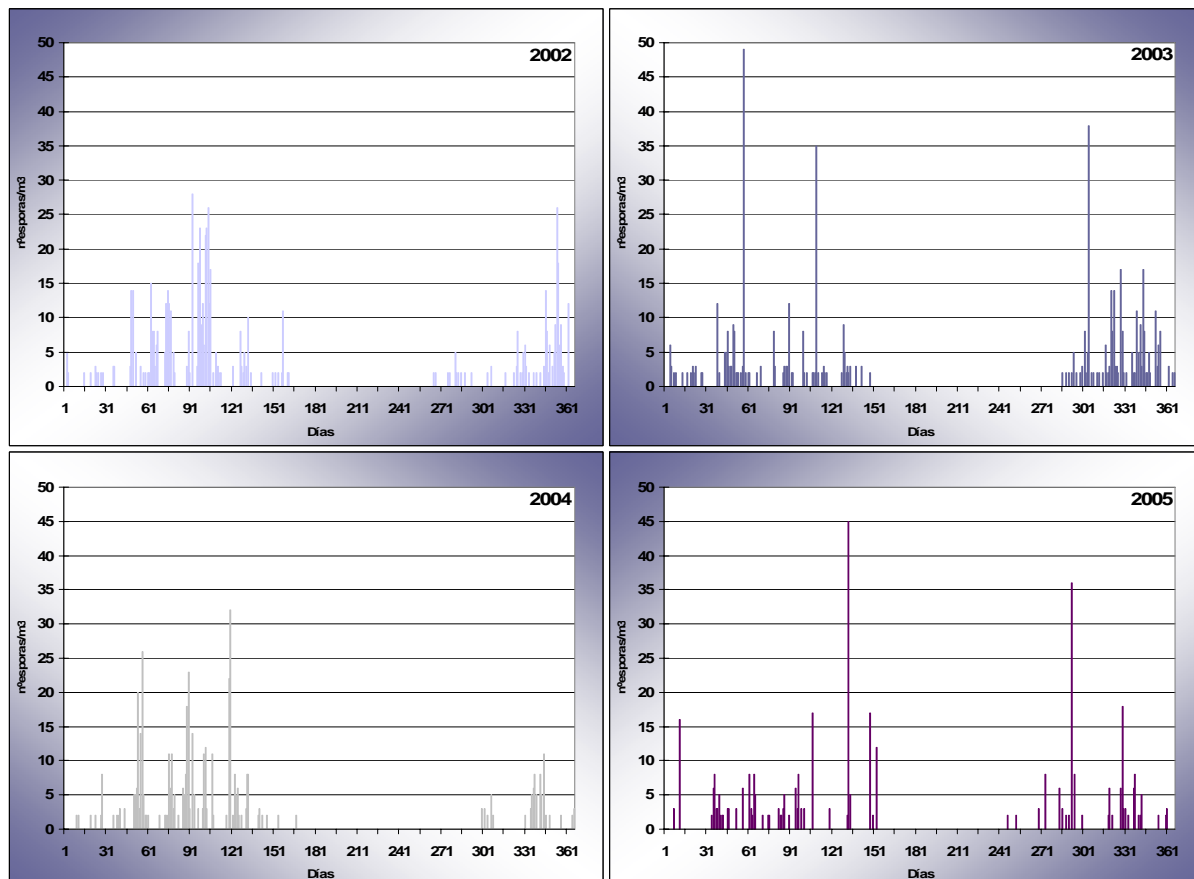


Fig.4.224. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Helicomyces* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.13. Tipo *Leptosphaeria*

Descripción



El género *Leptosphaeria* Ces. & De Not., *Comm. Soc. crittog. Ital.* 1: 234 (1863), que da nombre a este tipo esporal, se trata de un hongo Ascomycota, incluido en el orden Pleosporales (familia Leptosphaeriaceae) que presenta ascosporas pluricelulares (4-9 células), fusiformes, de 10-150 x 5-10 μm , de hialinas a marrones, con constricciones a la altura de los septos, y una célula próxima a la parte basal más engrosada que el resto.

Variación estacional

Para los cuatro años de estudio se calculó un índice esporal medio de 5.415. De éste, el mayor porcentaje correspondió a los dos primeros años, que con un valor anual muy similar, representaron el 29% del periodo estudiado, cada uno de ellos. En los siguientes dos años se registraron índices anuales algo menores, estableciéndose un valor medio de 4.519 (Fig.4.225).

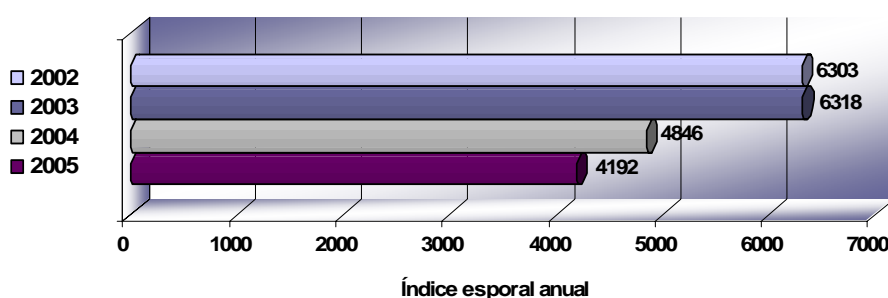


Fig.4.225. Índice esporal anual del tipo *Leptosphaeria* para los años estudiados.

Este tipo esporal, típicamente primaveral y otoñal, presentó los mayores índices mensuales durante los tres últimos meses del año, estableciéndose el máximo absoluto en diciembre de 2002, con un índice de 1.623. En el año 2004, los valores más elevados se detectaron en marzo y abril, meses con alta incidencia de este tipo esporal también en los restantes años y que junto con febrero y mayo contribuyeron como media con el 50% al índice anual. En el periodo comprendido entre junio y septiembre sólo se registró poco más del 3% del índice anual como media (Fig.4.226).

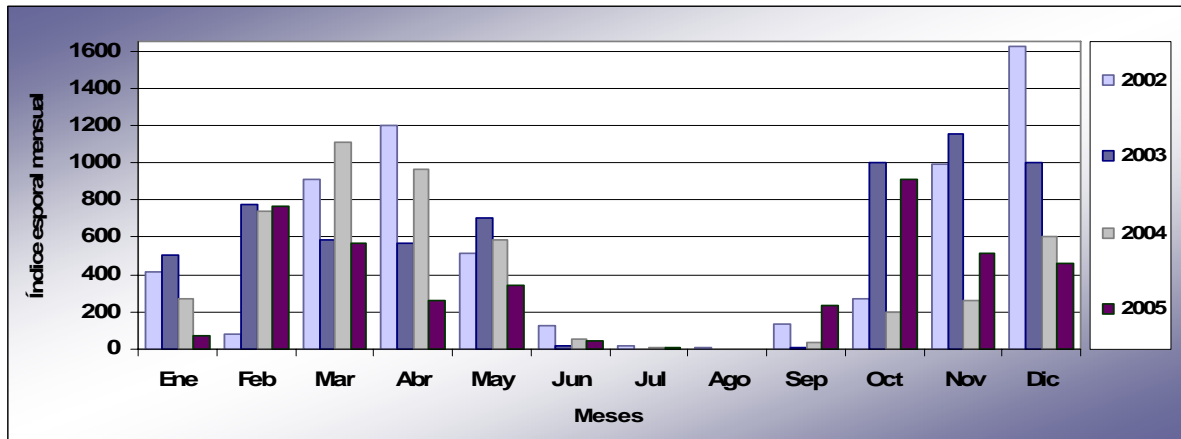


Fig.4.226. Índice esporal mensual del tipo *Leptosphaeria* durante los años 2002-2005.

En lo que a valores medios diarios se refiere, se detectaron niveles significativos de esporas del tipo *Leptosphaeria* durante todo el año excepto en el periodo estival. Sin embargo, las mayores concentraciones diarias, que tuvieron lugar en primavera y otoño presentaron el valor máximo entre principios de febrero y la primera semana de mayo, e incluso en diciembre, en función del año analizado. En una media de 129 días no se detectaron esporas, mientras que la mitad de los días donde sí hubo presencia esporal presentaron concentraciones inferiores a 10 esporas/m³. Finalmente, una media de 35 días superaron las 50 esporas/m³, mientras que sólo un tercio de éstos sobrepasaron las 100 esporas/m³ (Fig.4.227).

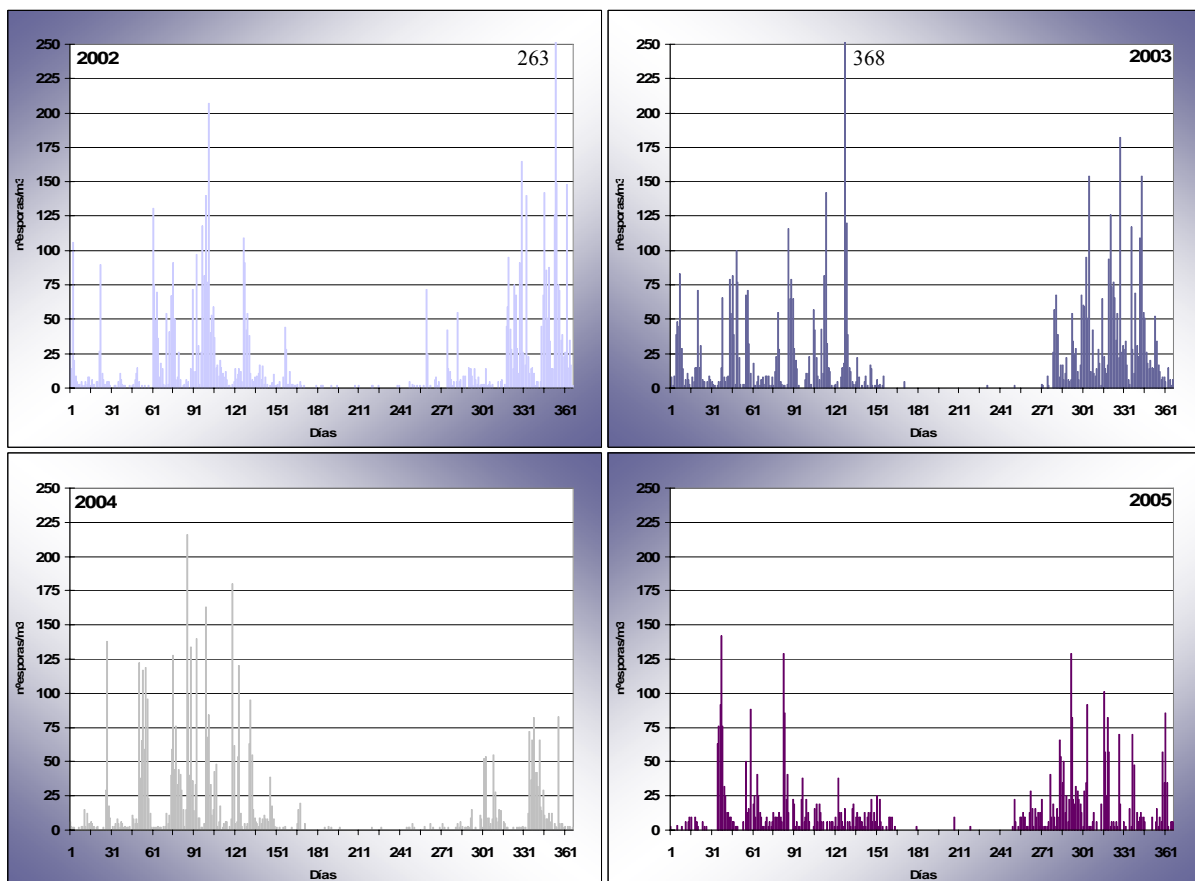


Fig.4.227. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Leptosphaeria* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.14. Tipo Myxomycete (excluido *Trichia*)

Descripción



La clase Myxomycetes G. Winter [class], *Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, 2nd ed.* 1(1.1): 32 (1880), con el que se denomina este tipo, se incluyen dentro de los hongos mixomicetos que presentan esporas unicelulares, de esféricas a ligeramente ovaladas, de 8-16 μm de diámetro, de amarillentas a marrón oscuro y superficie granulosa o equinulada.

Variación estacional

El valor obtenido del índice de esporas del total del muestreo (1.065 de media) estuvo repartido de modo desigual entre los diferentes años de estudio. Así, el año 2003 fue el que mostró el índice anual más elevado, un 30% mayor al año 2002, que le siguió en orden. Los dos últimos años presentaron un índice menor, especialmente el año 2005 cuyo índice anual no superó un valor de 500 (Fig.4.228).

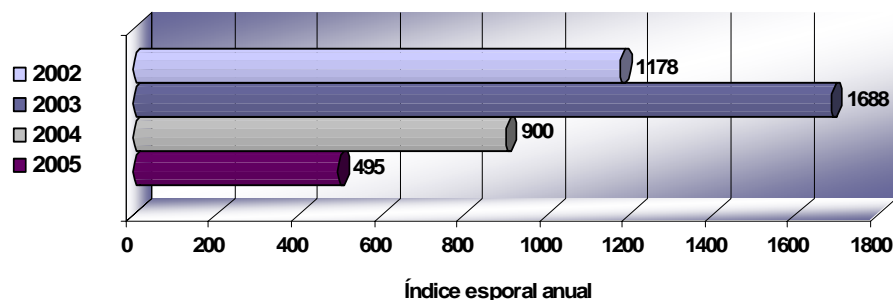


Fig.4.228. Índice esporal anual del tipo Myxomycete para los años estudiados.

En los tres últimos años, el mes de enero, seguido de noviembre fueron los que presentaron el índice mensual más elevado, lo que no sucedió en el año 2002, cuyo máximo valor mensual apareció en diciembre, ocupando enero una segunda posición. Por el contrario, desde febrero hasta septiembre y especialmente a partir de junio, los niveles de esporas fueron muy bajos, no llegando a representar el periodo de verano ni tan siquiera el 5% del índice anual frente a más del 21% que supuso enero como media (Fig.4.229).

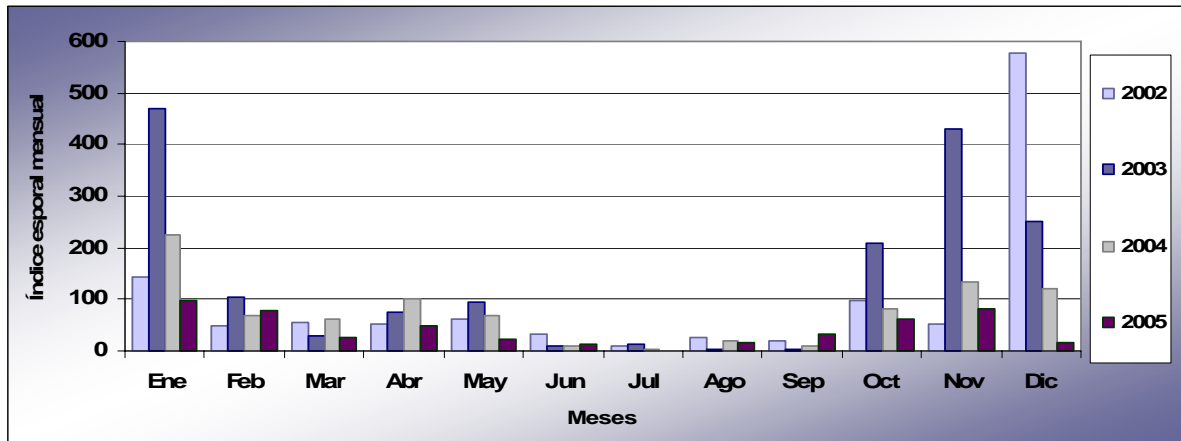


Fig.4.229. Índice esporal mensual del tipo Myxomycete durante los años 2002-2005.

Las concentraciones medias diarias oscilaron de un año a otro, siendo considerablemente más elevadas en el año 2003, aunque en todos los años estudiados se observa un ascenso a principios y finales de año. El valor máximo se registró el 23 de diciembre de 2002, con 384 esporas/m³. Este fuerte incremento fue puntual ya que los demás valores medios diarios no sobrepasaron el centenar de esporas/m³. De los 164 días como media con presencia de esporas, el 86 % no superó las 10 esporas/m³, mientras que sólo 3 días durante todo el periodo de muestreo lograron una concentración por encima de las 50 esporas/m³ (Fig.4.230).

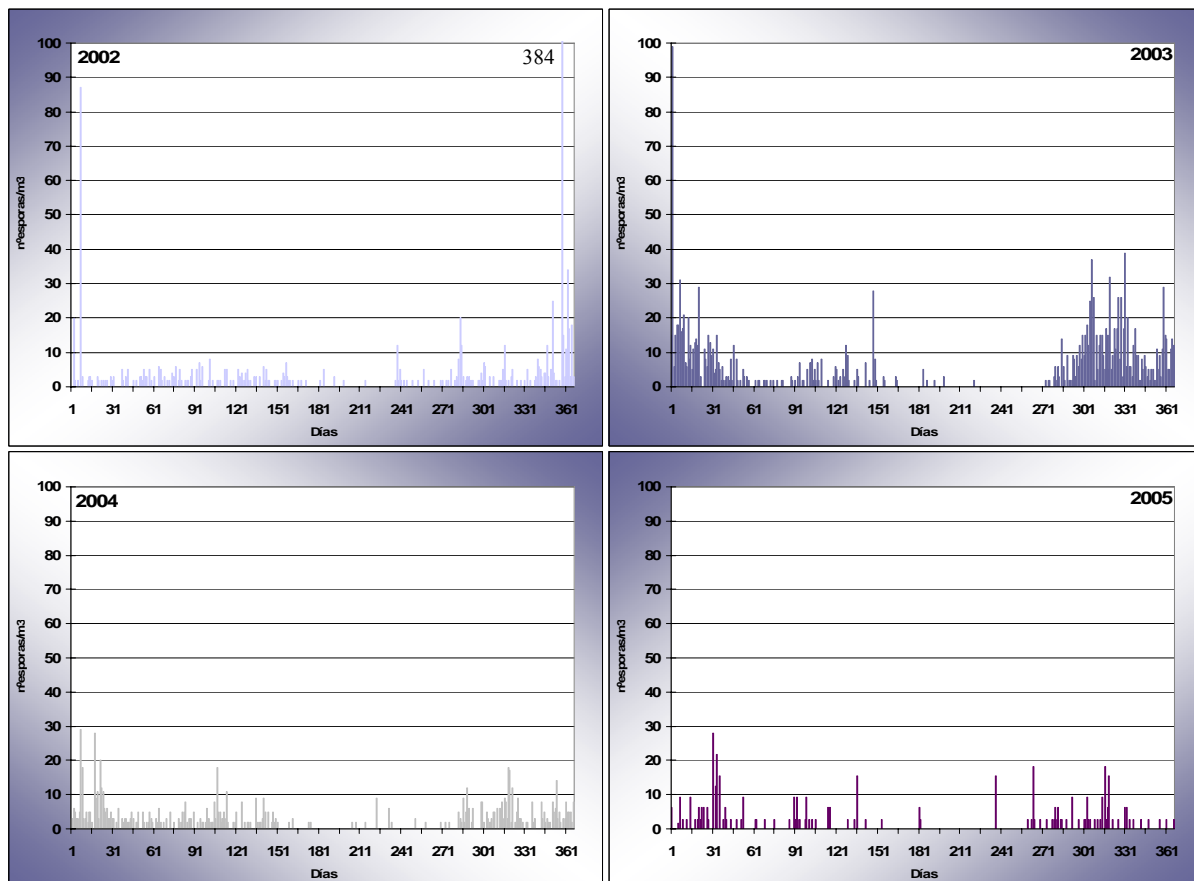


Fig.4.230. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo Myxomycete para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.15. Tipo *Oidium*

Descripción



El género *Oidium* Link, in Willdenow, 6 (1): 121 (1824), con el que se denomina a este tipo, se incluye dentro de los hongos imperfectos, con especies que constituyen el estado anamorfo del género *Erysiphe*, del orden Erysiphales (Ascomycota). Presenta conidios, unicelulares, elipsoidales con los extremos truncados, de 14-30 x 7-15 μm , hialinos y con la superficie lisa.

Variación estacional

El primer y último año de muestreo presentaron índices anuales más elevados que los años centrales, éstos últimos con índices muy próximos entre sí, alrededor de un valor de 90. El año 2002 fue el que, con el doble del valor anteriormente expuesto, alcanzó un índice más alto, con el 38% del total del periodo de muestreo (Fig.4.231).

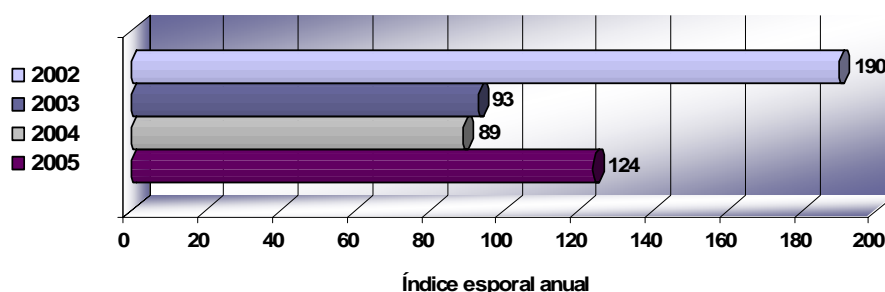


Fig.4.231. Índice esporal anual del tipo *Oidium* para los años estudiados.

Los mayores índices mensuales se obtuvieron en los meses de finales de invierno y primavera, siendo marzo de 2005 y mayo de 2002 los que presentaron unos índices más elevados con valores de 114 y 69, respectivamente. Durante los tres últimos meses del año también se observó un ligero incremento en los niveles de esporas. Finalmente, el periodo estival sólo representó el 3%, como media, del total anual (Fig.4.232).

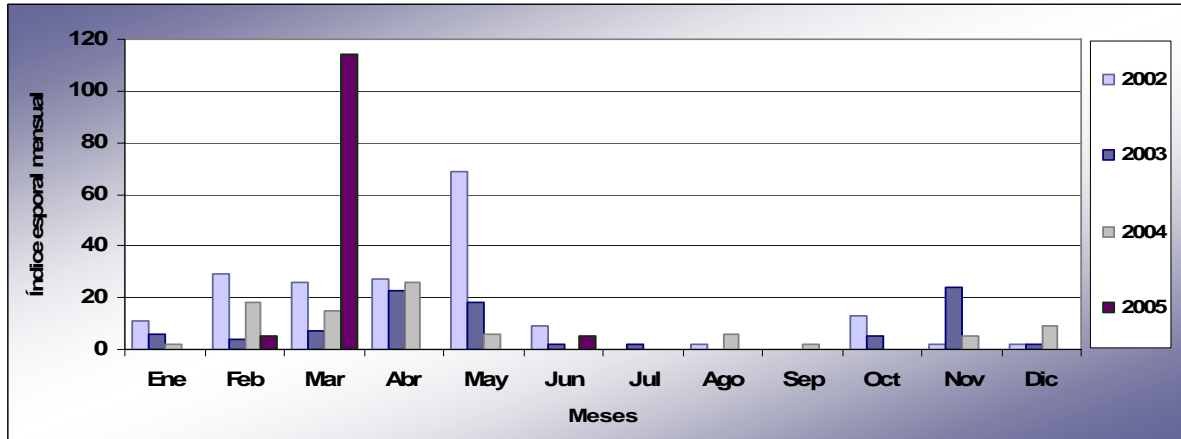


Fig.4.232. Índice esporal mensual del tipo *Oidium* durante los años 2002-2005.

Las concentraciones medias diarias se distribuyen a lo largo de todo el año a excepción de la época estival. El pico máximo se produjo el 18 de marzo de 2005, aunque se trató de un episodio puntual ya que representó el 90% del total anual mientras que los escasos días con presencia de esporas de este tipo en ese mismo año no sobrepasaron la concentración media diaria de 5 esporas/m³. Los años restantes tampoco presentaron concentraciones elevadas, ya que el 93% de los 38 días como media con presencia de esporas, alcanzaron valores comprendidos entre 1 y 5 esporas/m³ (Fig.4.233).

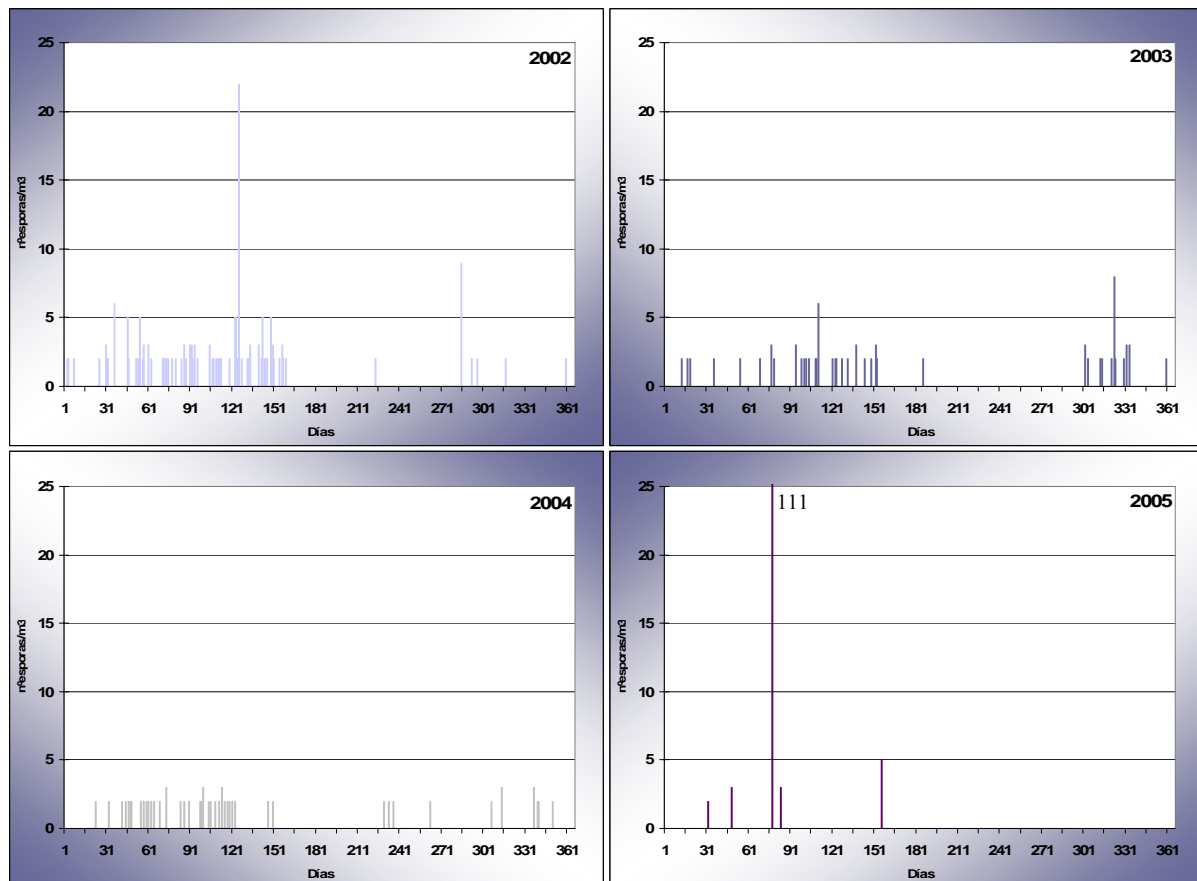
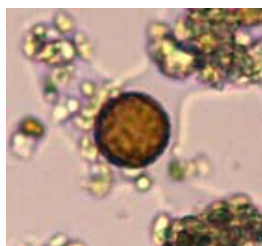


Fig.4.233. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Oidium* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.16. Tipo *Periconia*

Descripción



El género *Periconia* Tode, *Fung. mecklenb. sel.* (Lüneburg) 2: 2 (1791) con el que se ha denominado este tipo se clasifica dentro de los hongos imperfectos, estando considerado como el estado anamórfico de los ascomicetos, aunque con posición incierta en las categorías taxonómicas inferiores. Presenta conidios, unicelulares, de esféricos a subsféricos, de 10-22 μm de diámetro, de color marrón y superficie verrucosa o equinulada.

Variación estacional

El índice esporal medio del periodo de muestreo fue de 120, siendo el índice anual obtenido en el año 2002 el más elevado, con el 40% del total de los 4 años. En los años 2003 y 2004 los índices anuales decrecieron bruscamente con valores de 49 y 88, respectivamente. En el último año de estudio, los niveles aumentaron de nuevo alcanzando un índice cuyo valor casi dobló al del calculado en el año anterior (Fig.4.234).

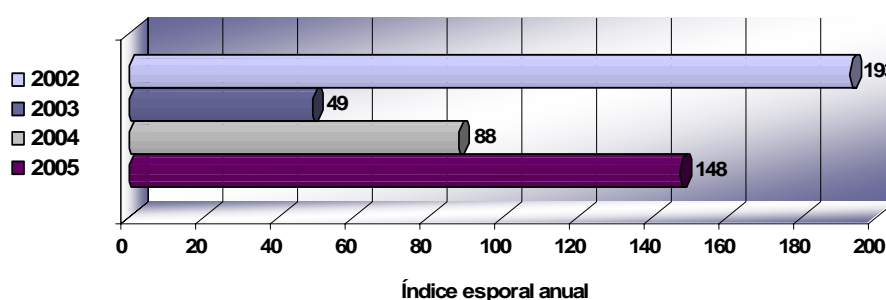


Fig.4.234. Índice esporal anual del tipo *Periconia* para los años estudiados.

Aunque se observó la presencia de esporas del tipo *Periconia* en todos los meses, los índices mensuales más elevados se produjeron la primavera y el otoño. El índice máximo se registró en mayo de 2002, con un valor de 46. Sin embargo, los meses de julio y agosto fueron los que presentaron niveles más reducidos, suponiendo cada uno de ellos el 1% como media del índice anual (Fig.4.235).

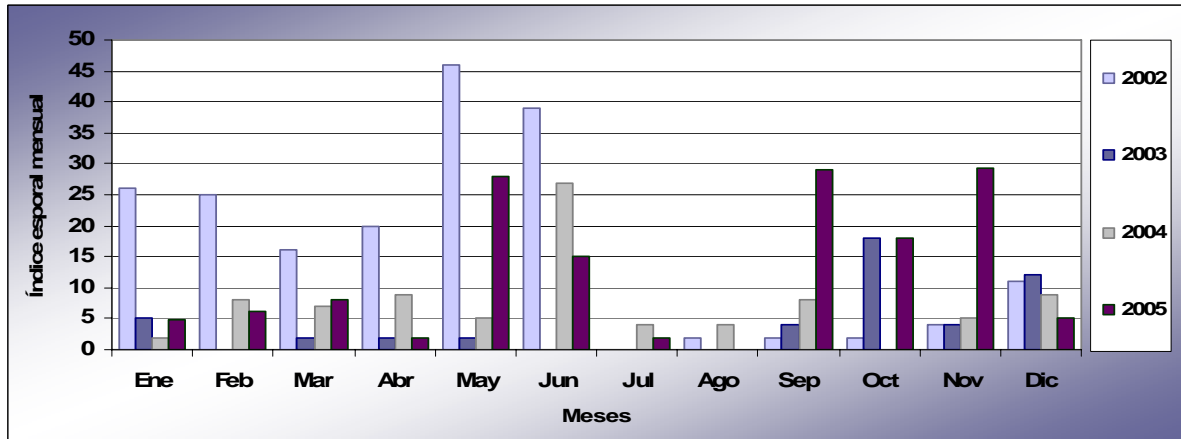


Fig.4.235. Índice esporal mensual del tipo *Periconia* durante los años 2002-2005.

Aunque no se obtuvo un comportamiento homogéneo en todos los años se puede decir que en términos generales apareció una mayor densidad de días con presencia de esporas fundamentalmente durante la primavera y el otoño. El máximo diario absoluto se alcanzó el día 19 de junio de 2004 con 18 esporas/m³. Una media de 325 días al año presentaron niveles nulos de esporas del tipo *Periconia*, mientras que el 80% de los restantes días en los que sí se detectó este tipo esporal no sobrepasaron una concentración de 5 esporas/m³ de media diaria (Fig.4.236).

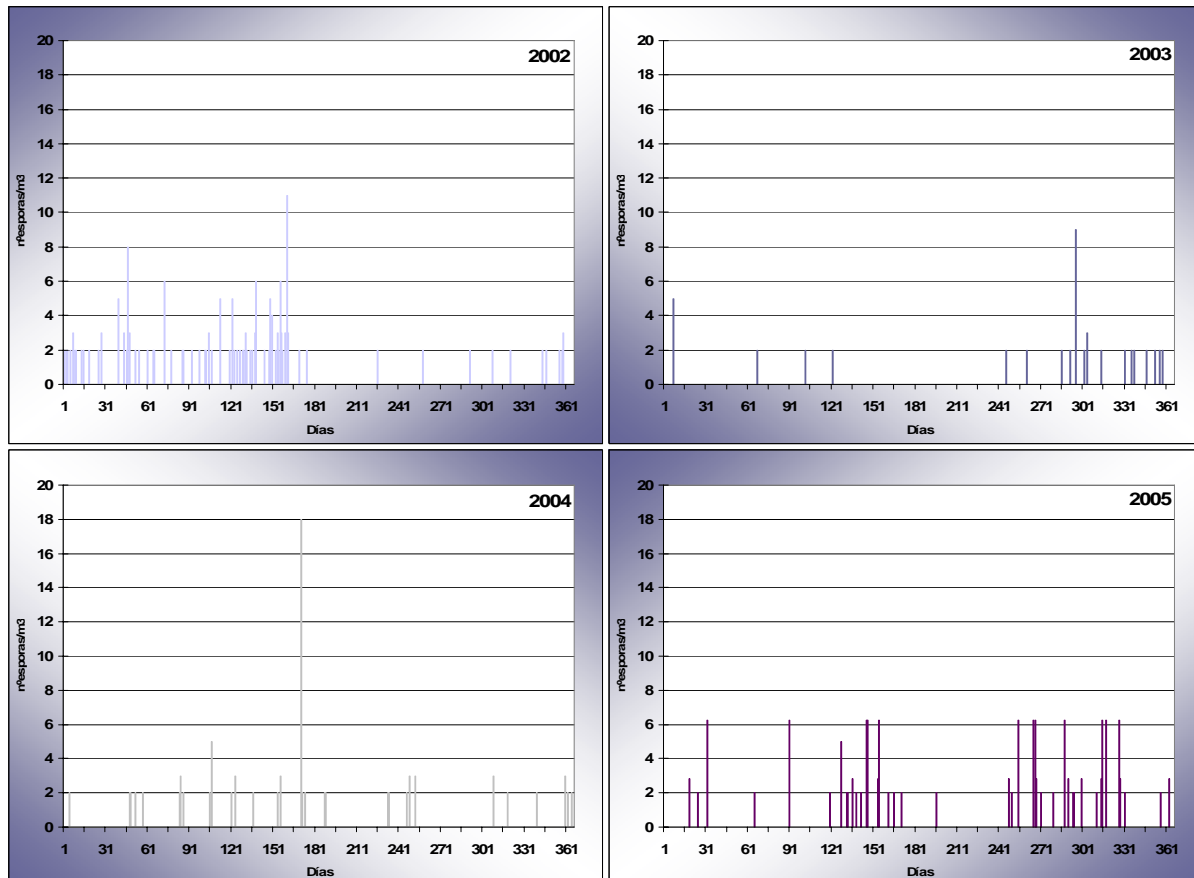
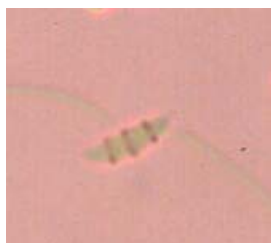


Fig.4.236. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Periconia* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.17. *Phaeosphaeria annulata*

Descripción



La especie *Ph. annulata* Shoemaker & C.E. Babco., *Can. J. Bot.* 67 (5): 1521 (1989), a la que pertenece este tipo esporal, está clasificada dentro de la división Ascomycota e incluido en el orden Pleosporales (familia Phaeosphaeriaceae). Presenta ascosporas pluricelulares, fusiformes, ligeramente curvadas, de 16-19 x 3-3,5 μm , hialinas, con 3 septos transversales con forma de anillo en el que se observan dos puntos bien marcados en los extremos de los septos, superficie lisa y extremos afilados.

Variación estacional

El índice esporal anual fue similar en los tres primeros años de muestreo en los que se registró un valor próximo a 400 y siendo el máximo índice anual el contabilizado para el año 2002, con 416. Sin embargo, el año 2005 vio reducidos los niveles de este tipo esporal ya que apenas superó un índice de 100 (Fig.4.237).

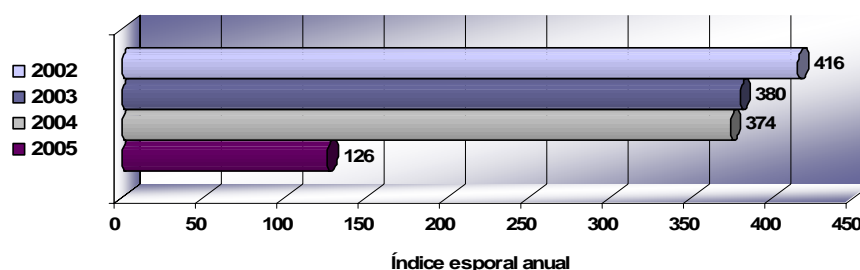


Fig.4.237. Índice esporal anual del tipo *Ph. annulata* para los años estudiados.

El mes de noviembre fue el que registró los mayores índices mensuales en los dos años centrales de muestreo, siendo diciembre y febrero los meses que mostraron los mayores niveles esporales en los años 2002 y 2005, respectivamente. Asimismo, diciembre de 2002 fue el mes que presentó el índice mensual máximo detectado con un valor de 142. Como en otros tipos de esporas analizados, los índices mensuales durante el periodo estival fueron nulos (Fig.4.238). Por lo general, y exceptuando el año 2005, el último trimestre fue el que concentra los índices mensuales más elevados.

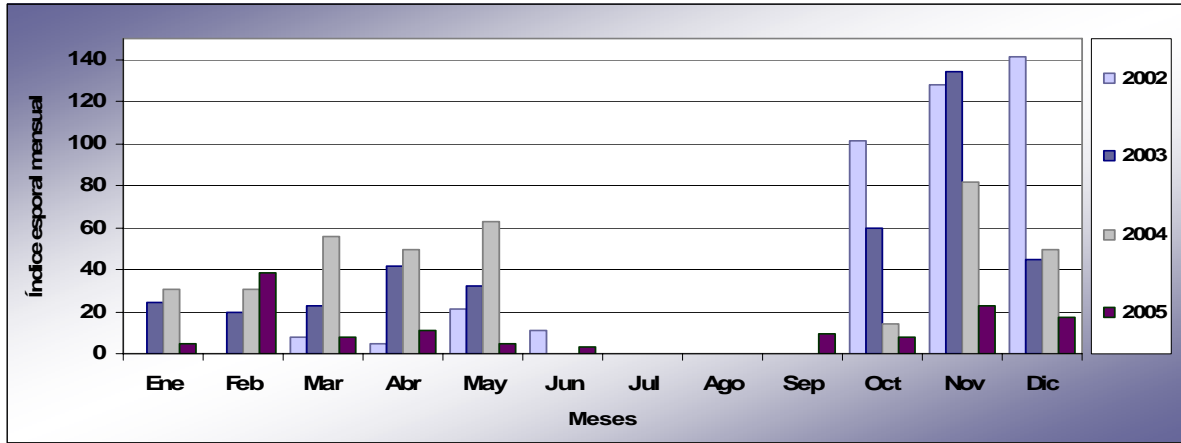


Fig.4.238. Índice esporal mensual del tipo *Pha. annulata* durante los años 2002-2005.

En relación con las concentraciones medias diarias se aprecia un comportamiento similar en los 4 años de muestreo, en el que se produjo un ascenso de los niveles de esporas en el periodo otoñal, con el pico máximo en noviembre excepto en el año 2005 y otro pequeño incremento, menos constante que el anterior, entre principios de año y primavera. En una media de 89 días se detectó presencia de esporas, y aunque el máximo nivel diario llegó a las 48 esporas/m³ el 28 de noviembre de 2002, el mayor porcentaje de días mostró concentraciones entre 1 y 5 esporas/m³, encontrándose solamente dos días en el año 2002 en el que se superaron las 10 esporas/m³ de aire (Fig.4.239).

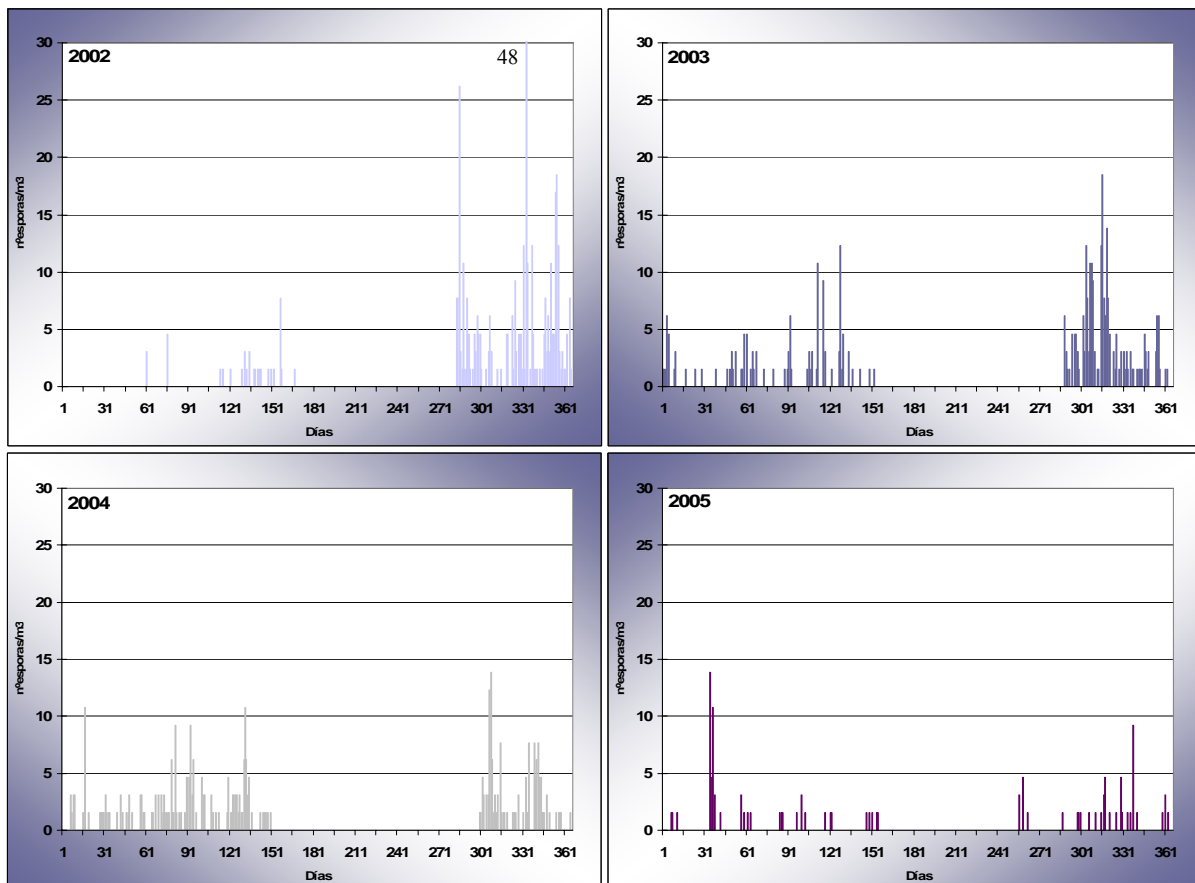


Fig.4.239. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Pha. annulata* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.18. Tipo *Pleospora*

Descripción



El género *Pleospora* Rabenh. ex Ces. & De Not., *Comm. Soc. crittog. Ital.* 1: 217 (1863) es un hongo perteneciente a Ascomycota e incluido en el orden Pleosporales (familia Pleosporaceae) que presenta ascosporas pluricelulares, elípticas u ovoides, de 18-50 x 11-16 μm , de amarillentas a marrones, con septos longitudinales y transversales y pared lisa.

Variación estacional

Mientras que el índice esporal anual fue prácticamente idéntico en los dos primeros años, con valores de 820 y 819 respectivamente, no ocurrió lo mismo en los siguientes, observándose un descenso que llevó a obtener el valor mínimo en el año 2005, con un índice de 340 (Fig.4.240).

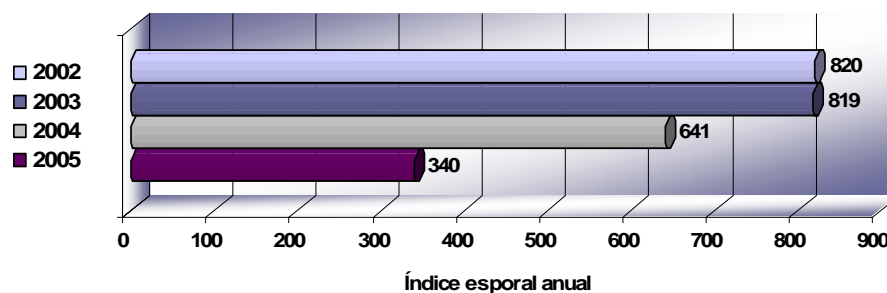


Fig.4.240. Índice esporal anual del tipo *PLEospora* para los años estudiados.

En lo que al índice mensual se refiere, cabe destacar un comportamiento similar al mostrado por gran parte de los tipos de esporas anteriormente estudiados, donde se aprecia un incremento de dicho índice en los tres últimos meses del año, así como en los correspondientes a la época primaveral. Los máximos mensuales se produjeron en los meses de febrero, marzo y mayo, dependiendo del año, siendo el más elevado el índice de mayo de 2003 con un valor de 165. Los meses estivales apenas supusieron el 3% del total anual como media (Fig.4.241).

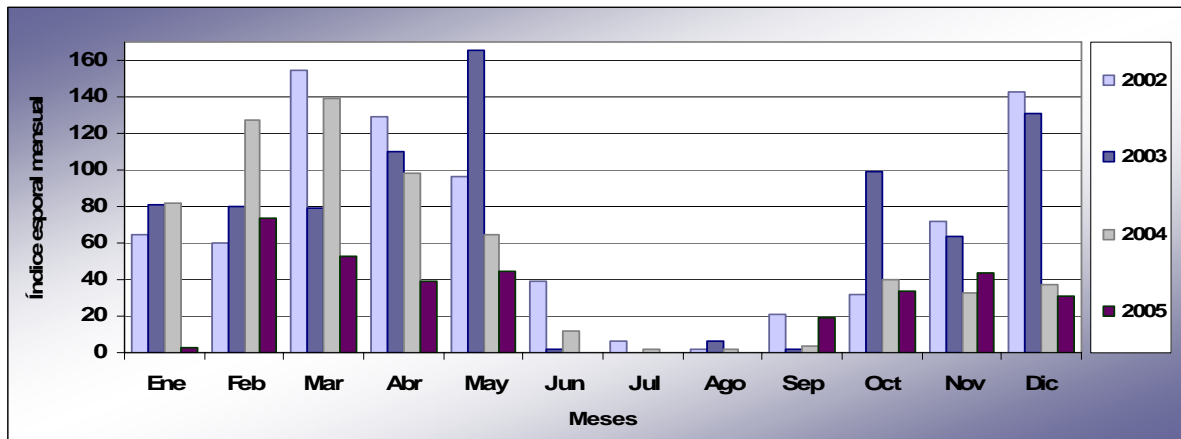


Fig.4.241. Índice esporal mensual del tipo *Pleospora* durante los años 2002-2005.

En general, el tipo *Pleospora* se detecta en la atmósfera del interior de la cueva de octubre a mayo, mientras que durante los meses de verano si aparece es de manera esporádica. La fecha e intensidad de los días pico han sido muy variables, con un valor máximo registrado el 7 de mayo de 2003 y que alcanzó las 92 esporas/m³ de aire de media diaria. Como media, la presencia de este tipo esporal se detecta 133 días al año, de los cuales el 90% presentó concentraciones medias diarias inferiores a las 10 esporas/m³ (Fig.4.242).

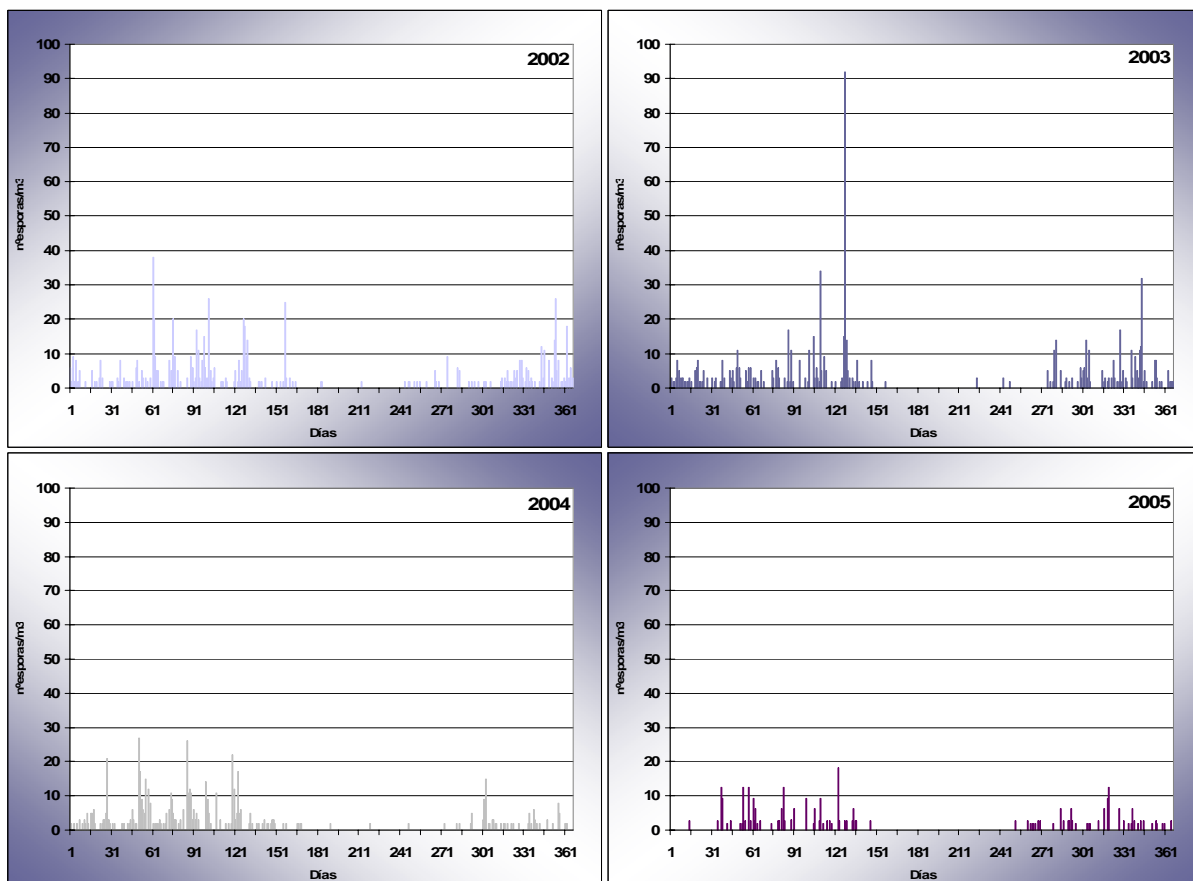


Fig.4.242. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Pleospora* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.19. Tipo *Russula*

Descripción



El género *Russula* Pers., *Observ. mycol.* (Lipsiae) 1: 100 (1796) que da nombre a este tipo esporal, pertenece a la división Basidiomycota, estando incluido en el orden Russulales (familia Russulaceae) y que presenta basidiosporas unicelulares, de subglobosas a elipsoidales, de 6-10 x 5-8 μm , hialinas, de superficie reticulada y con verrugas que pueden formar crestas.

Variación estacional

Este tipo esporal ha presentado una distribución interanual muy irregular, ya que el 81% de las esporas detectadas para el total del periodo muestreado fueron recolectadas en el año 2003, con un índice anual de 756. Los índices de los restantes años fueron mucho menores oscilando entre un valor de 103 en el año 2002 y un mínimo de 15 en el último año (Fig.4.243).

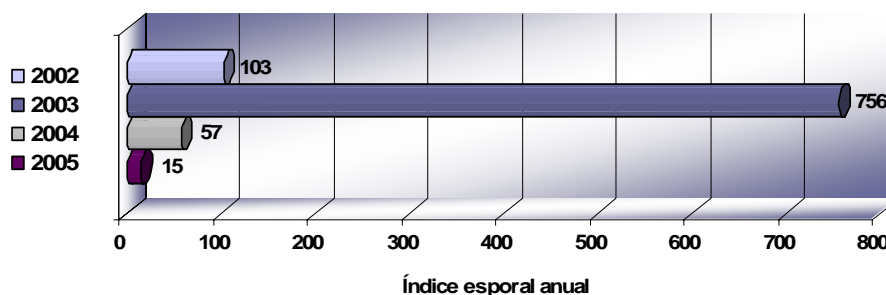


Fig.4.243. Índice esporal anual del tipo *Russula* para los años estudiados.

De todos los meses analizados, enero fue el único con presencia de esporas de tipo *Russula* en todos los años estudiados ya que exceptuando los meses correspondientes a la época estival y marzo donde no se detectaron esporas en ninguno de los años, los restantes meses presentaron índices mensuales distintos a cero pero sólo en algunos años. Cabe destacar los elevados índices mensuales registrados tanto en noviembre como en diciembre de 2003, alcanzando un valor de 540 y 189, respectivamente. Por el contrario, en el año 2005 únicamente se observaron esporas en el mes de enero (Fig.4.244).

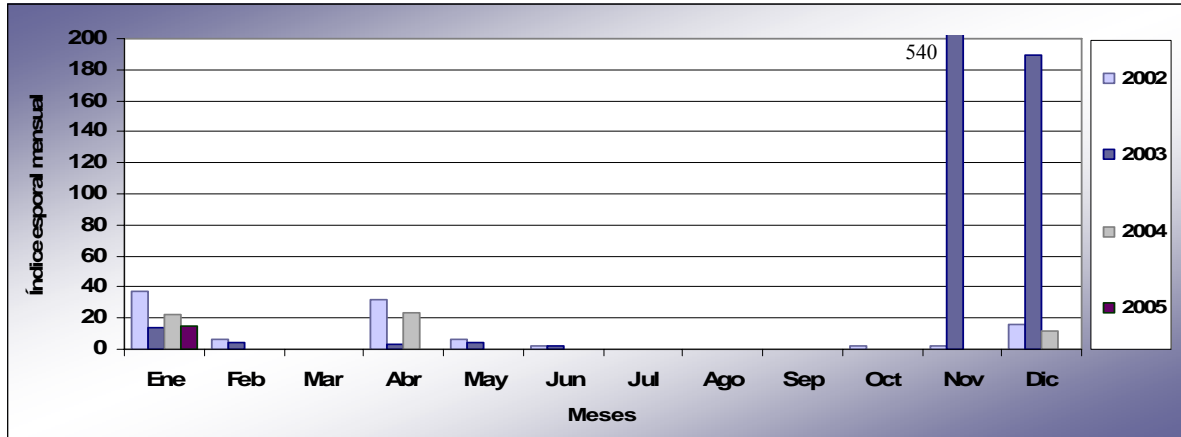


Fig.4.244. Índice esporal mensual del tipo *Russula* durante los años 2002-2005.

Si observamos las concentraciones medias diarias a lo largo del año se aprecia la disparidad existente en los diferentes años de muestreo. Así, el año 2003 mostró un pico considerable en otoño que no se detectó en los demás años aunque, a pesar de esto, parece que la aparición de esta espora se concentró en el periodo transcurrido desde la época otoñal hasta la primavera. Mientras que el 98% de los días con esporas presentaron unas concentraciones inferiores a 5 esporas/m³ en todos los años excepto en 2003, en este último, la mitad de los días mostraron niveles superiores a las 10 esporas/m³ (Fig.4.245).

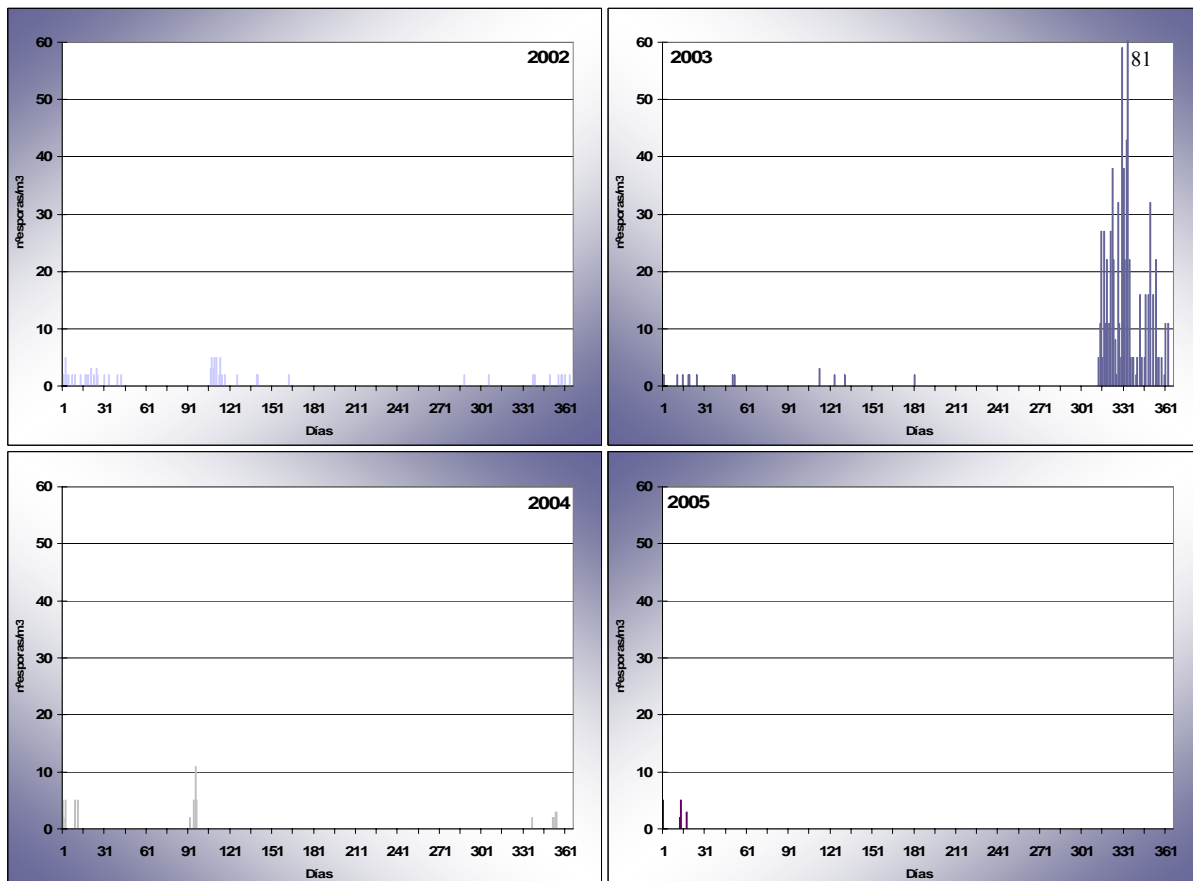


Fig.4.245. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Russula* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.20. Tipo *Septoria*

Descripción



El género *Septoria* Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 3: 474 (1884), con el que se ha denominado este tipo esporal, está incluido en el grupo de los hongos imperfectos, siendo un teleomorfo conocido el género *Mycosphaerella* (Ascomycota). Presenta conidios pluricelulares, filiformes con los extremos más estrechos, de 60-100 x 1,5-2 μm , hialinas, con septos transversales y superficie lisa (Losa, 1954).

Variación estacional

El índice de esporas anual medio registrado durante los cuatro años fue de 4.267. A lo largo de este tiempo se observó una disminución progresiva de los índices anuales ya que mientras que el índice obtenido en el año 2002 alcanzó un valor de 6.133, el presentado en el año 2005 fue casi 4 veces menor (Fig.4.246).

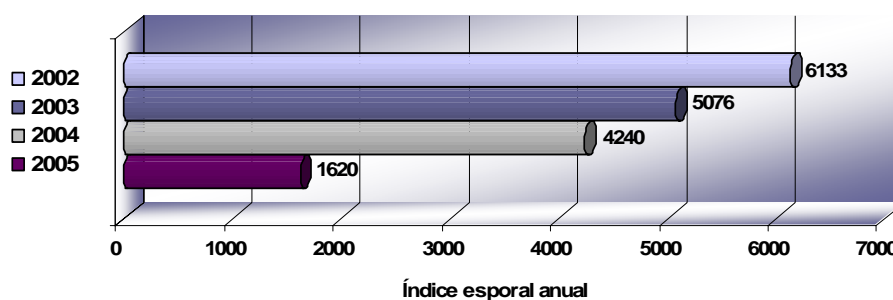


Fig.4.246. Índice esporal anual del tipo *Septoria* para los años estudiados.

Los índices mensuales alcanzaron su máximo en diciembre de 2002, con un valor de 1799. Sin embargo, los valores máximos de los restantes años se situaron en febrero. Por el contrario, los menores índices mensuales se registraron entre mayo y septiembre, periodo cuya suma representó menos del 3% del índice anual como media frente al 18 y 29% de los meses de diciembre y febrero, respectivamente (Fig.4.247).

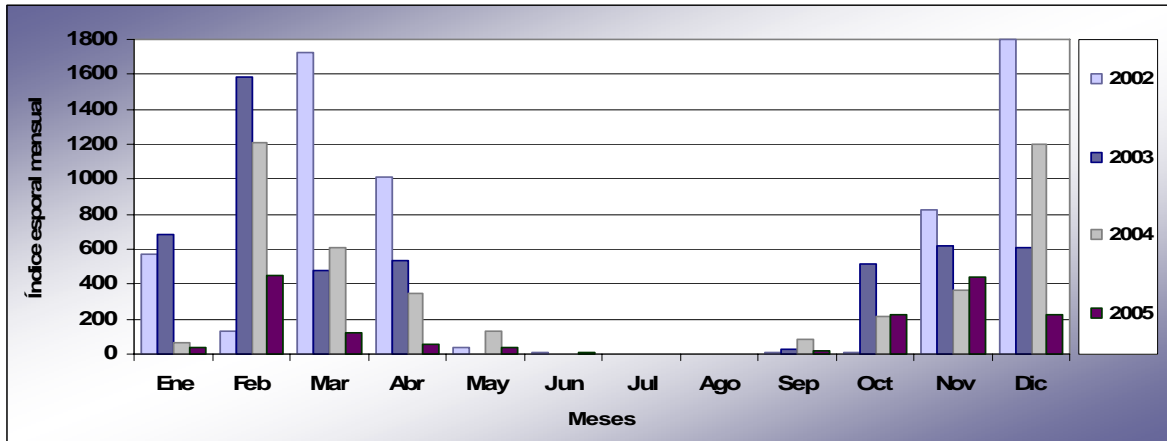


Fig.4.247. Índice esporal mensual del tipo *Septoria* durante los años 2002-2005.

La distribución de las concentraciones medias diarias siguió un patrón similar en todos los años, en los que se apreciaron dos periodos en los que los niveles de esporas fueron más elevados: en la segunda mitad del otoño y a mediados del invierno. El valor máximo se produjo el 19 de febrero de 2003, con 650 esporas/m³, aunque de los 106 días al año como media en los que se detectaron esporas, el 56% presentó una concentración inferior a 10 esporas/m³ mientras que sólo una media de 14 días superaron las 100 esporas/m³ (Fig.4.248).

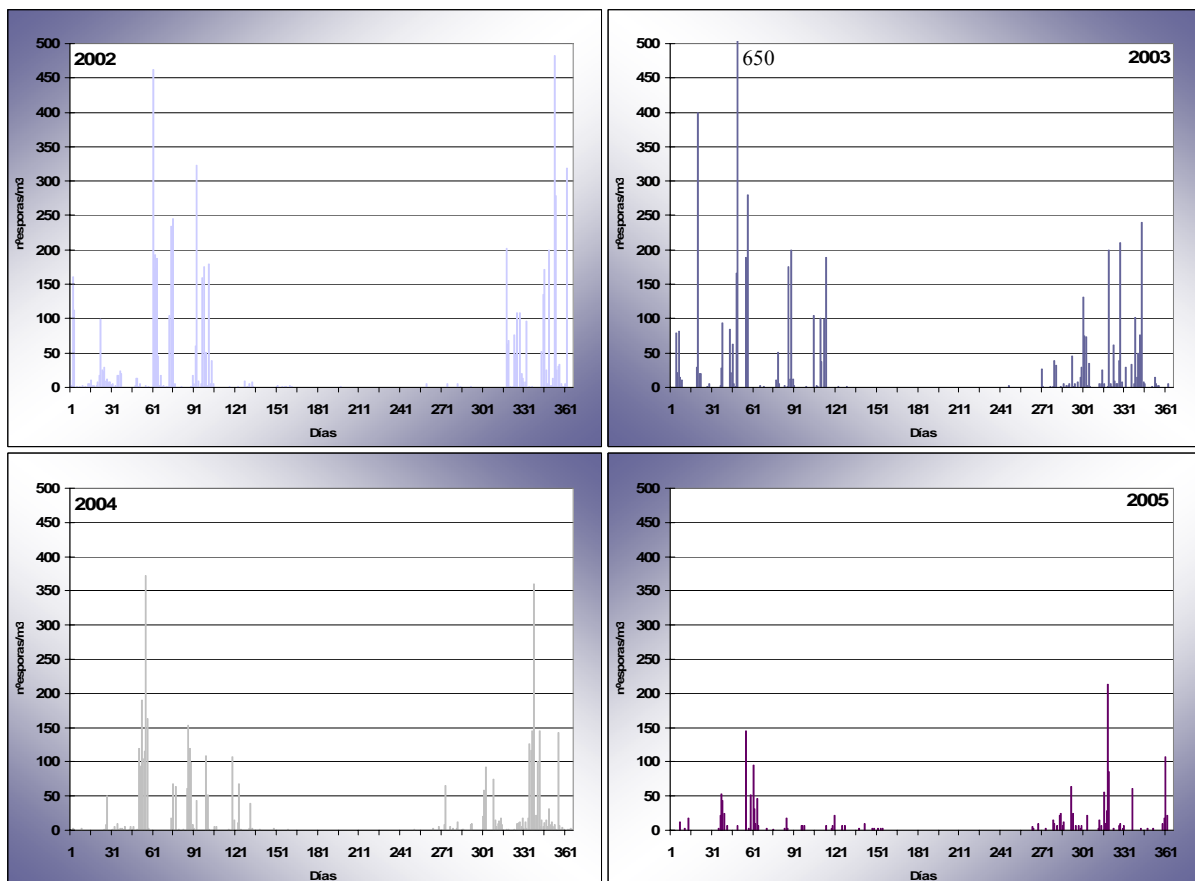
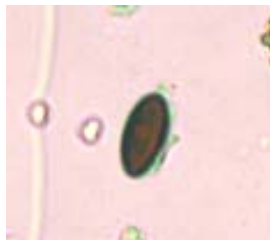


Fig.4.248. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Septoria* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.21. Tipo *Sordaria*

Descripción



El género *Sordaria* Ces. & De Not., *Comm. Soc. crittog. Ital.* 1: 225 (1863), con el que se denomina este tipo esporal, se clasifica dentro de los ascomicetos, incluyéndose en el orden Sordariales (familia Sordariaceae) y presentando ascosporas unicelulares, elípticas, de 17-25 x 9-13 μm , de color marrón oscuro, con poro germinal basal y superficie lisa.

Variación estacional

El índice anual medio del periodo de muestreo fue de 231. Todos los años estudiados presentaron un índice anual muy similar con un valor cercano a 200, excepto el año 2003 en el que el índice calculado se elevó hasta 306 (Fig.4.249).

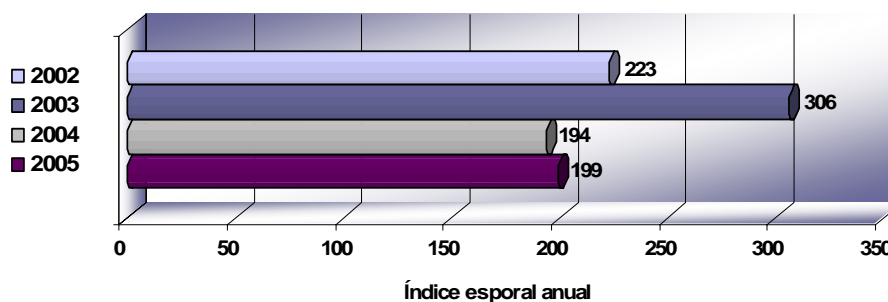


Fig.4.249. Índice esporal anual del tipo *Sordaria* para los años estudiados.

Se detectaron esporas del tipo *Sordaria* en todos los meses, excepto en agosto para los tres últimos años, aunque los índices mensuales más altos se produjeron en los meses de otoño y primavera. El máximo varió de unos años a otros situándose en enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre. De todos ellos febrero de 2005 fue el que presentó el mayor índice mensual con un valor de 70 (Fig.4.250).

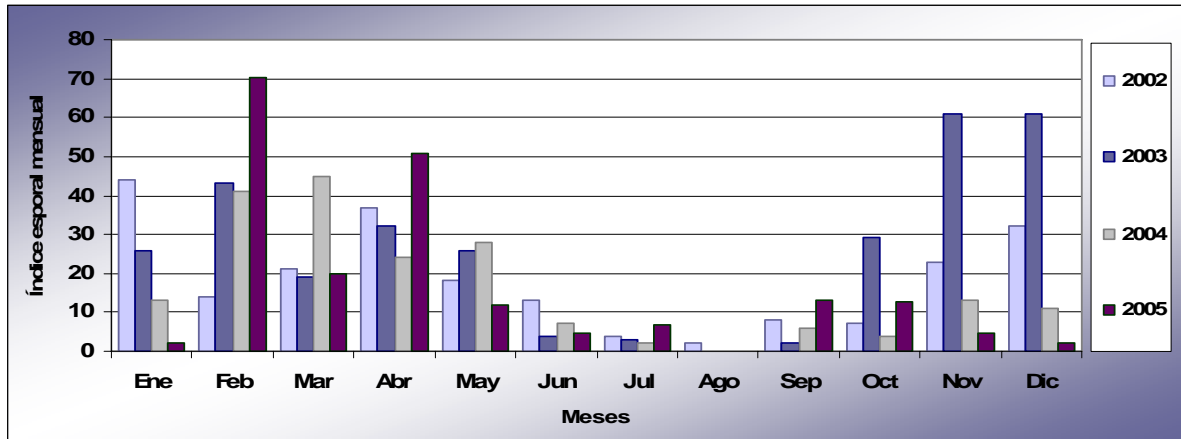


Fig.4.250. Índice esporal mensual del tipo *Sordaria* durante los años 2002-2005.

En todos los años se ha observado un patrón similar en relación con la distribución de las concentraciones medias diarias. Se aprecia la presencia de dos periodos en el que el contenido de esporas son más elevados: durante el otoño y parte del invierno y primavera. El valor de concentración máximo fue de 15 esporas/m³, registrado a principios de enero de 2002 y principio de febrero de 2005. Se contabilizaron una media de 70 días al año con presencia esporal, de los cuales el 84% presentaron niveles inferiores a 5 esporas/m³ (Fig.4.251).

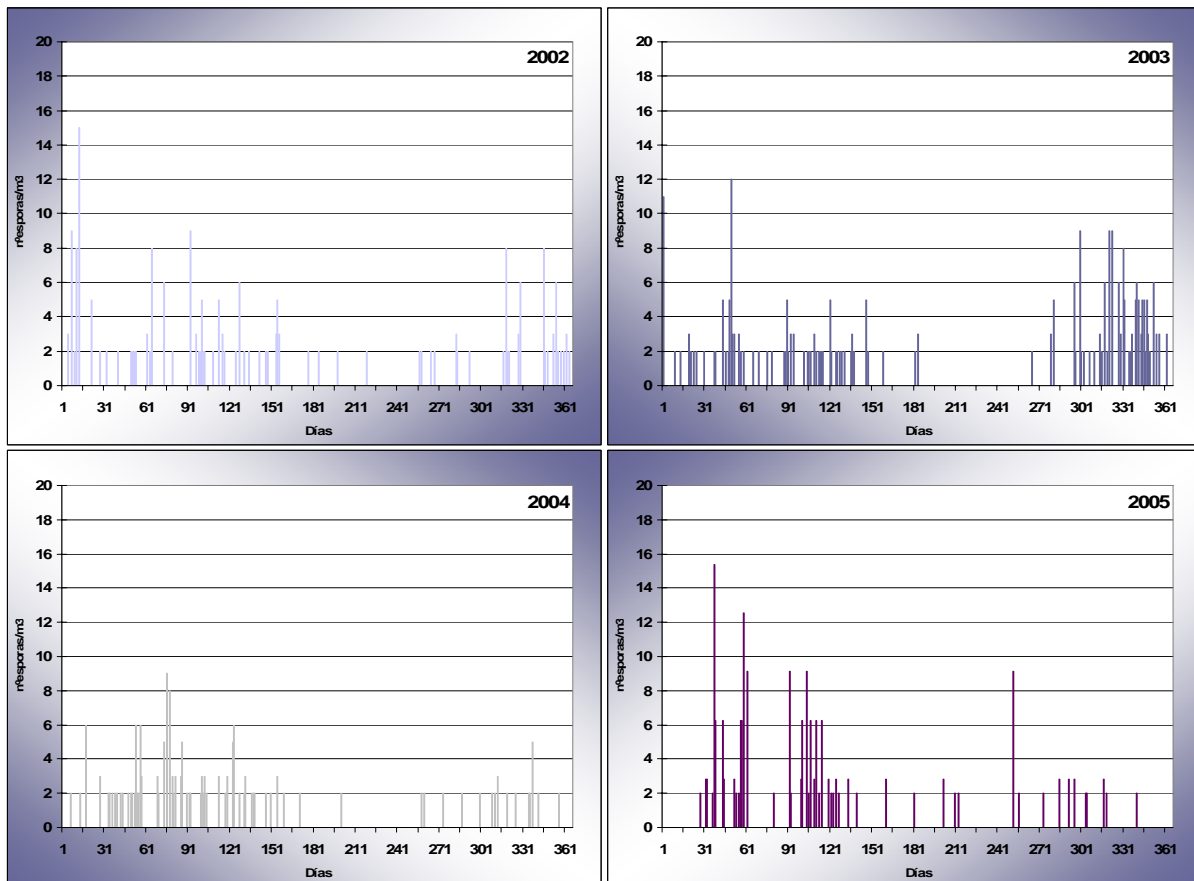


Fig.4.251. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Sordaria* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.22. Tipo *Stachybotrys*

Descripción



El género *Stachybotrys* Corda, *Icon. fung.* (Abellini) 1: 21 (1837), que da nombre a este tipo esporal, se encuentra dentro de los hongos denominados imperfectos y aunque se considera el anamorfo de algunos ascomicetos, su posición es incierta en las categorías taxonómicas inferiores. Presenta conidios, unicelulares, elipsoidales, de 5-13 x 4-7 μm , de color marrón oscuro a negro y superficie lisa que se puede volver rugosa, con cretas, o incluso verrucosa al madurar.

Variación estacional

El 58% del índice esporal del periodo completo se registró en el primer año de muestreo, con un valor de 715. En los siguientes años se produjo un descenso considerable, alcanzándose el mínimo en el año 2004, año en el que el índice anual calculado resultó casi 6 veces menor al del año 2002 (Fig.4.252).

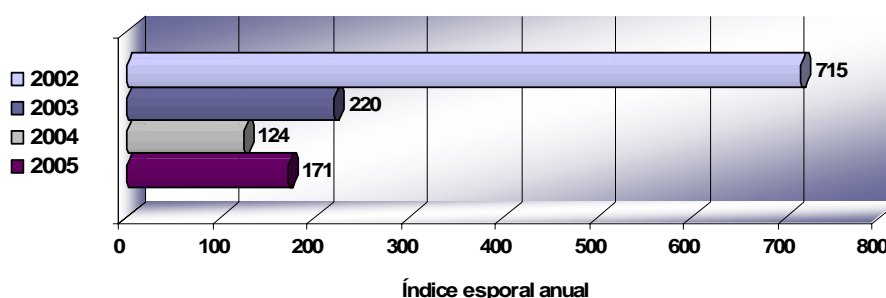


Fig.4.252. Índice esporal anual del tipo *Stachybotrys* para los años estudiados.

Los tres meses últimos del año junto con abril y junio fueron aquellos en los que se registraron los mayores índices mensuales de esporas. Este periodo contuvo por término medio el 78% del índice anual exceptuando el año 2002, que presentó un gran incremento de los niveles de esporas en febrero, constituyendo a su vez el máximo absoluto con un valor de 332. Los meses estivales presentaron valores nulos en todos los años a excepción, de nuevo, del año 2002 donde se registraron esporas en julio y septiembre (Fig.4.253).

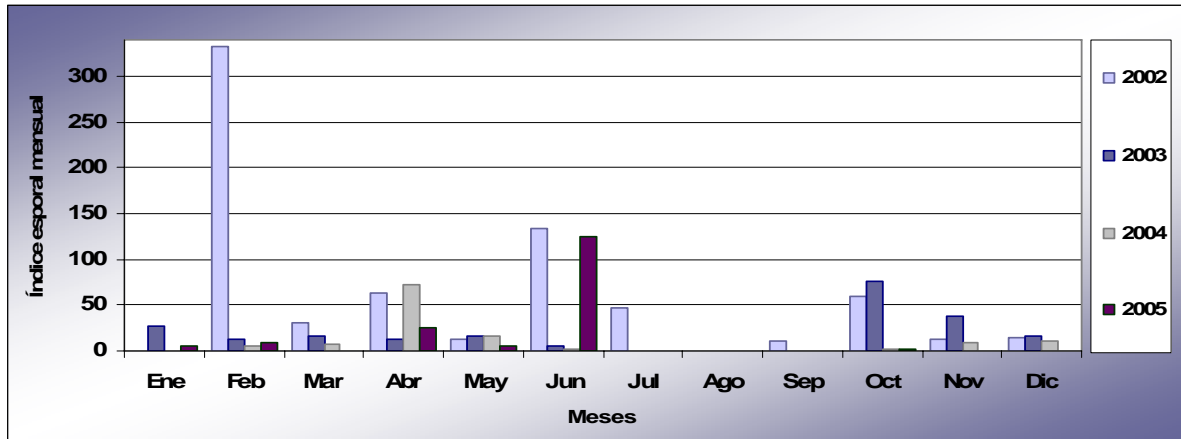


Fig.4.253. Índice esporal mensual del tipo *Stachybotrys* durante los años 2002-2005.

La distribución de las medias diarias de este tipo esporal se caracterizó por la presencia de dos picos coincidentes con la época otoñal y primaveral fundamentalmente. Aunque el pico máximo varió de unos años a otros, tanto en el año 2002 como en el año 2005 se produjeron fuertes incrementos puntuales a finales de la primavera, más concretamente a principios de junio, superando las 110 esporas/m³ en ambos casos. Sólo se contabilizó una media de 30 días al año con presencia de esporas, de los cuales el 83% presentaron niveles inferiores a las 10 esporas/m³ (Fig.4.254).

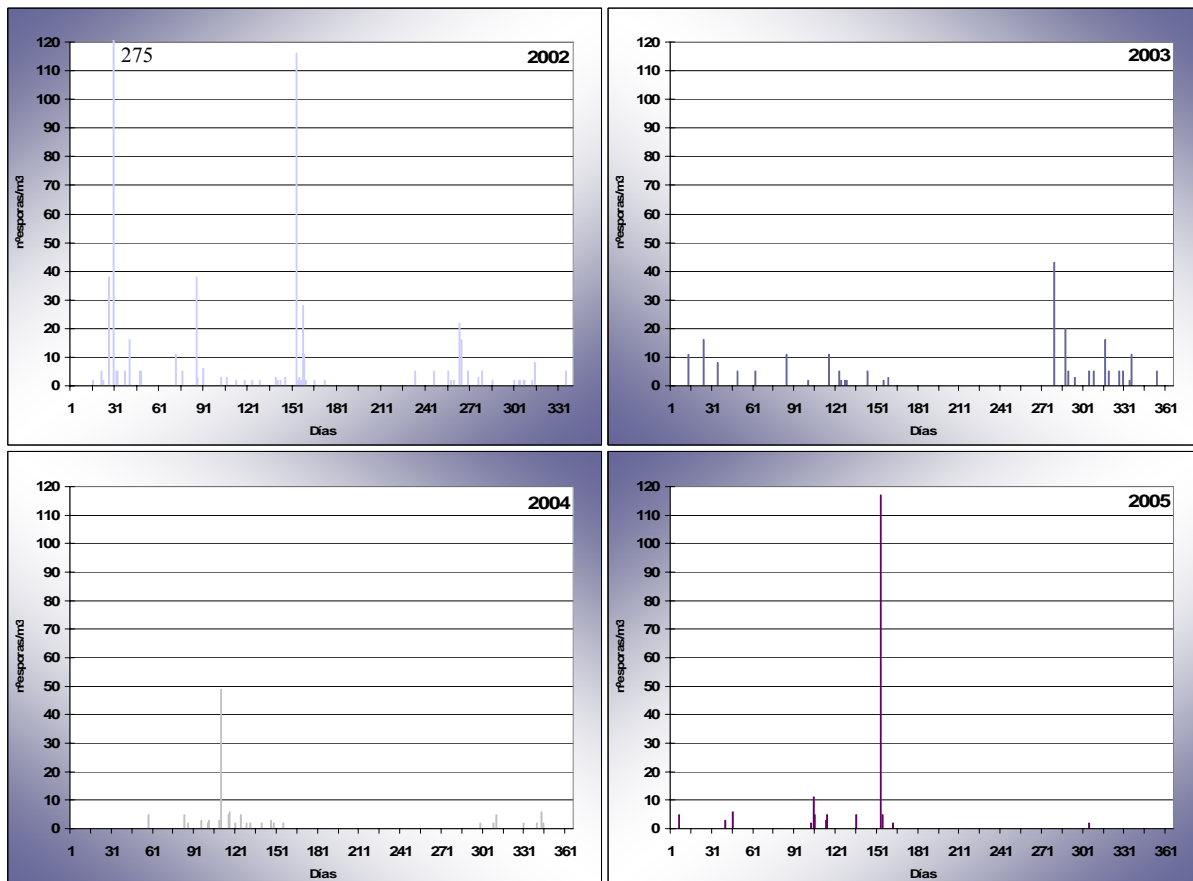


Fig.4.254. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Stachybotrys* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.23. Tipo *Toментella*

Descripción



El género *Toментella* Pers. ex Pat., *Hyménomyc. Eur.* (Paris): 154 (1887), que da nombre a este tipo esporal, se trata de un hongo perteneciente a la división Basidiomycota e incluido en el orden Thelephorales (familia Thelephoraceae) que presenta basidiosporas unicelulares, de globosas a subglobosas, de 7-10 μm , y color amarillento a marrón claro, con la superficie provista de espinas.

Variación estacional

El índice esporal medio del periodo muestreado ascendió a 5.687, siendo el año 2003 el que aportó un mayor porcentaje con un valor cercano a la mitad del total de los años estudiados. Los años 2004 y 2005 presentaron índices anuales similares, calculándose un valor medio de 5.000. Sin embargo, el primer año de muestreo mostró unos niveles esporales mucho menores, alcanzando un índice de 2.077, lo que representó tan sólo el 9% del total de los cuatro años (Fig.4.255).

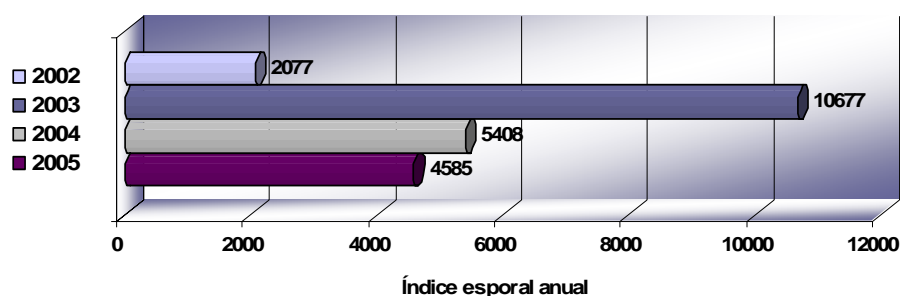


Fig.4.255. Índice esporal anual del tipo *Toментella* para los años estudiados.

Este tipo esporal se detectó en la atmósfera de la Cueva de Nerja desde octubre hasta mayo, registrándose los mayores índices mensuales en diciembre y enero. En estos dos meses se contabilizó el 50% como media del contenido total anual de esporas. El máximo se detectó en diciembre de 2003 con un índice mensual de 3.525. El periodo comprendido entre junio y septiembre presentó niveles mínimos e incluso nulos en muchos casos, suponiendo tan sólo el 0,4% como media del total anual (Fig.4.256).

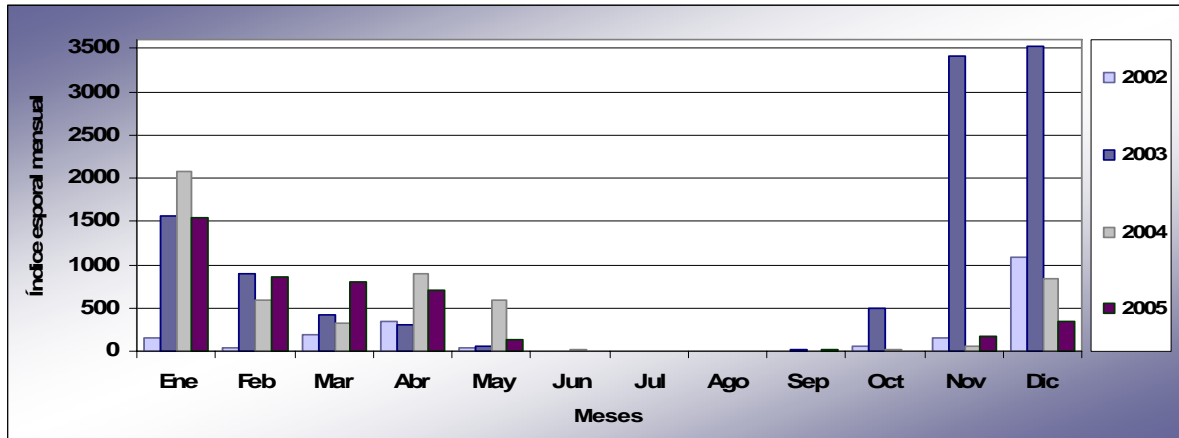


Fig.4.256. Índice esporal mensual del tipo *Tomentella* durante los años 2002-2005.

Si observamos las concentraciones medias diarias a lo largo del año se aprecia la presencia de dos periodos con mayores niveles de esporas. Uno mayor durante el otoño-invierno y otro menos acusado durante la primavera. El día pico estuvo localizado, dependiendo del año, a finales o principios de año. Las concentraciones descendieron en el mes de marzo para volver a incrementarse rápidamente en primavera. Finalmente durante el verano las concentraciones fueron prácticamente nulas. De los 208 días como media con esporas, 172 presentaron una concentración comprendida entre 1 y 50 esporas/m³ y únicamente en el año 2003 se observaron 38 días con niveles superiores a las 100 esporas/m³, cifra que fue alcanzada en tan sólo un día del año 2005 (Fig.4.257).

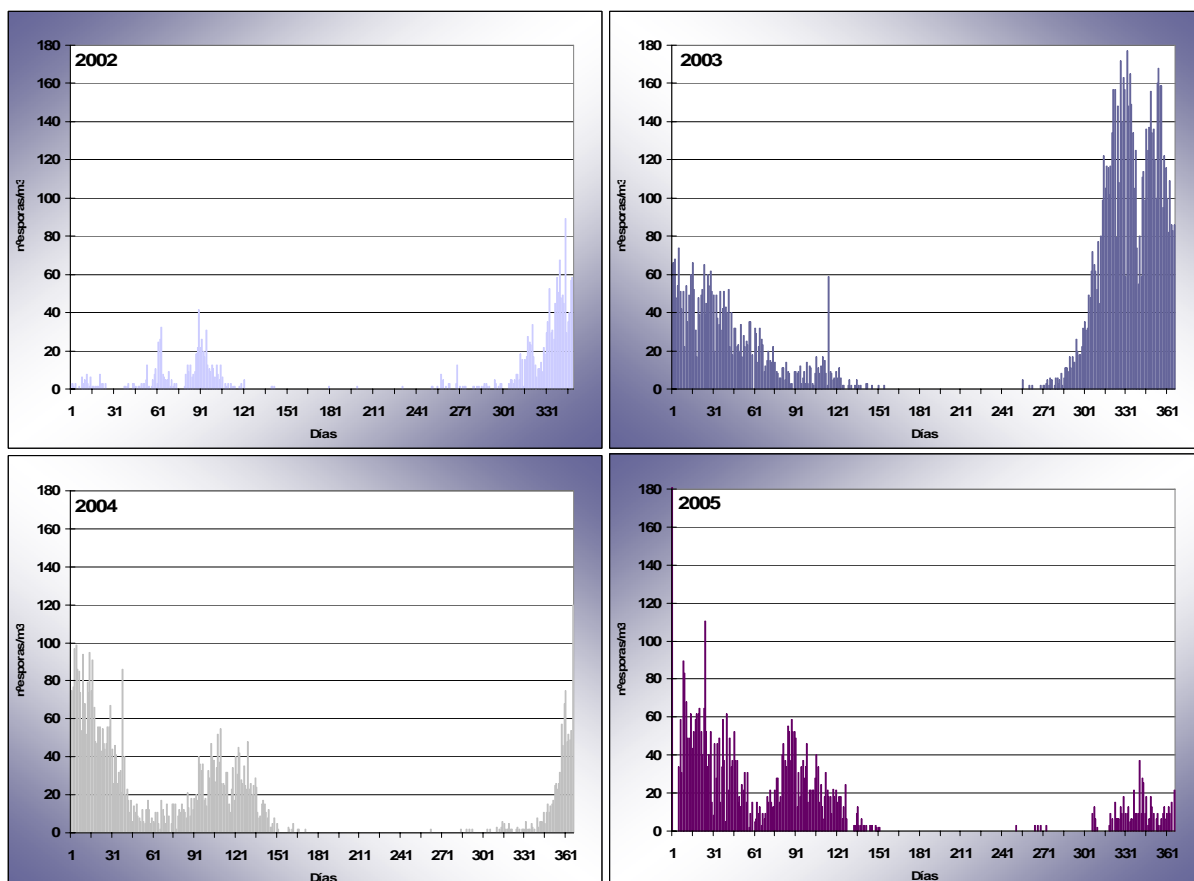


Fig.4.257. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Tomentella* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.24. Tipo *Torula*

Descripción



El género *Torula* Pers., *Ann. Bot. Usteri* 15: 25 (1794) está incluido dentro de los denominados hongos imperfectos, considerado el anamorfo de algunos ascomicetos, aunque con posición incierta en las categorías taxonómicas inferiores. Presenta conidios solitarios o en cadenas con un número variable de células, esféricos o elipsoidales, de 17-70 x 5-13 μm , de color marrón, con septos transversales fuertemente constreñidos y superficie lisa o verrucosa.

Variación estacional

Los años pares mostraron un índice anual más alto que el resultante en los años impares, aunque el del año 2002, con un valor de 632, fue el más elevado, siendo un índice un 36% superior al obtenido en el 2004. Por otro lado, el índice de los años impares fue muy similar, con un valor medio de 318 (Fig.4.258).

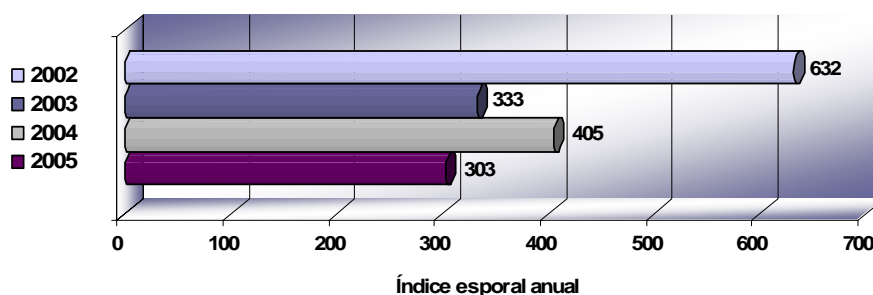


Fig.4.258. Índice esporal anual del tipo *Torula* para los años estudiados.

Los meses en los que se alcanzaron los mayores índices mensuales fueron los correspondientes a la época invernal y, especialmente, a la primavera. Los máximos mensuales dependieron del año, registrándose en abril en los dos primeros años y en enero y marzo en los años 2004 y 2005 respectivamente. El índice más alto se obtuvo en el año 2002, con un valor de 181. El periodo estival fue el que presentó los niveles más bajos, con una suma de los índices mensuales que únicamente supuso el 6% del total anual como media (Fig.4.259).

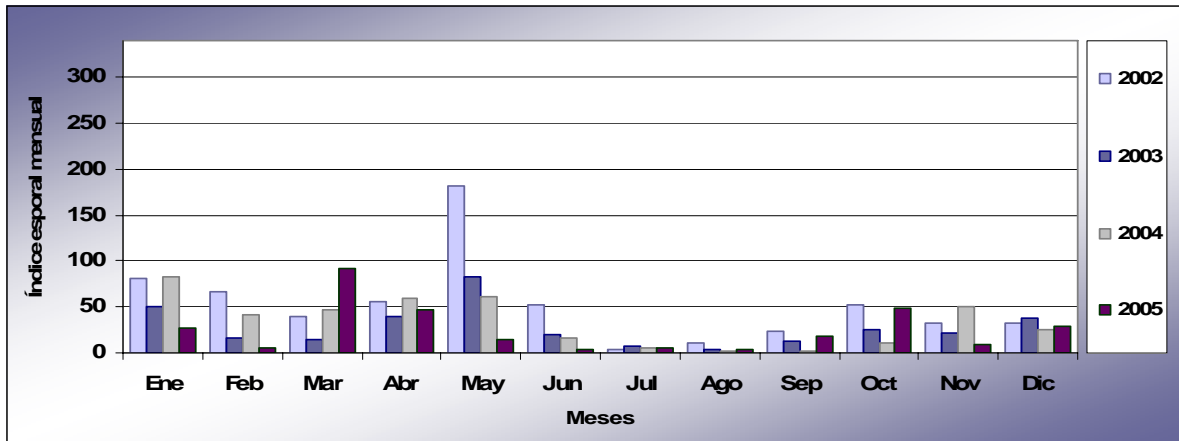


Fig.4.259. Índice esporal mensual del tipo *Torula* durante los años 2002-2005.

Haciendo referencia a las concentraciones medias diarias cabe destacar una mayor presencia de este tipo esporal durante la primavera y el otoño e incluso durante el invierno. El pico máximo se observó el 16 de marzo de 2005 con 62 esporas/m³, aunque fue puntual y no se repitió en los demás años. De los 110 días al año como media con presencia esporal, el 92% presentaron concentraciones entre 1 y 5 esporas/m³ y sólo 4 días como media superaron las 10 esporas/m³ (Fig.4.260).

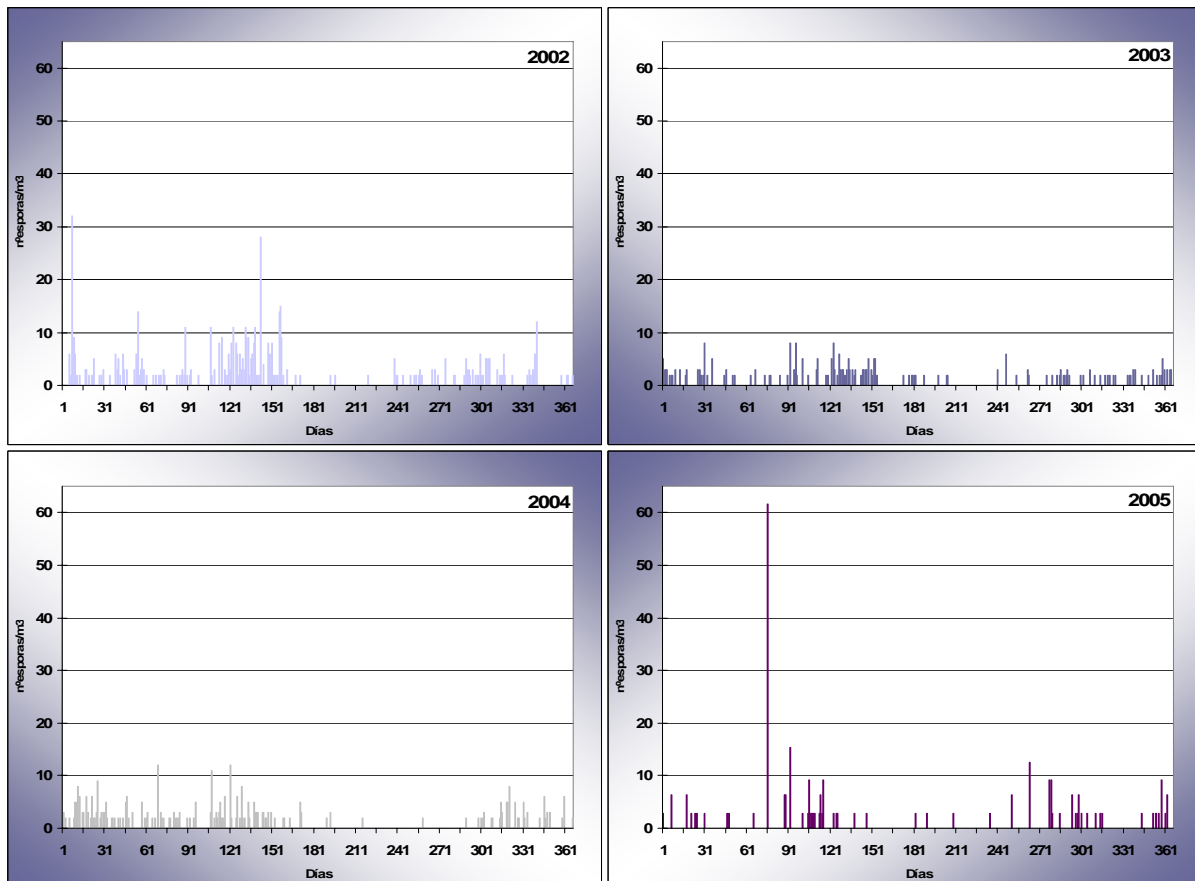


Fig.4.260. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Torula* para cada uno de los años estudiados.

4.3.4.25. Tipo *Venturia*

Descripción



El género *Venturia* Sacc., *Syll. fung.* (Abellini) 1: 586 (1882), que da nombre a este tipo esporal, es un ascomiceto, incluido en el orden Pleosporales (familia Venturiaceae) que presenta ascosporas bicelulares, con células elipsoidales, una de ellas un poco más corta y más ancha que la otra, de 9-20 x 3,5-7 μm , de color amarillento a marrón claro y superficie lisa.

Variación estacional

El índice de esporas anual medio calculado para los cuatro años de estudio fue de 734, alcanzando valores muy similares todos los años excepto el año 2004 en el que se apreció un descenso considerable. Así, mientras que el valor medio de los años 2002, 2003 y 2005 fue de 864, el índice del año 2004 alcanzó un valor de 343 (Fig.4.261).

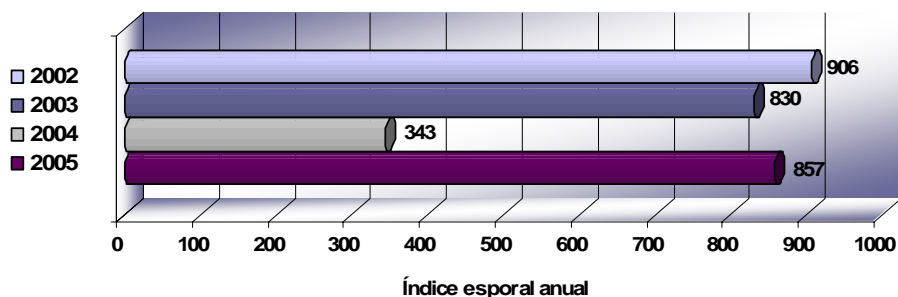


Fig.4.261. Índice esporal anual del tipo *Venturia* para los años estudiados.

Este tipo esporal presentó índices mensuales a tener en cuenta en más de la mitad del año ya que tan sólo en los meses comprendidos desde junio hasta septiembre, ambos inclusive, la suma de los índices no llegó a alcanzar ni el 4% como media del total anual. Los mayores índices se registraron en octubre y diciembre dependiendo del año y en febrero en el año 2005. Este último fue el que presentó el máximo, con un valor de 254, aunque la mayoría de los meses apenas superaron un índice de 100 (Fig.4.262).

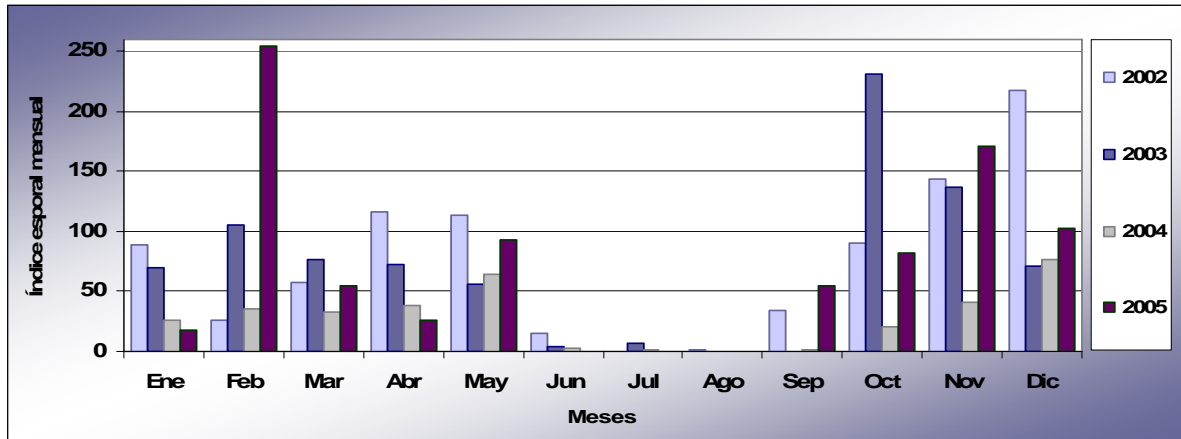


Fig.4.262. Índice esporal mensual del tipo *Venturia* durante los años 2002-2005.

Como la mayoría de los tipos descritos anteriormente al observar la distribución de las concentraciones medias diarias se aprecian dos periodos con niveles esporales más elevados: durante el otoño y la primavera, mientras que las concentraciones se hicieron prácticamente nulas durante el verano. Sin embargo, el valor máximo se registró el 5 de febrero de 2005 con 74 esporas/m³, aunque los picos máximos en los demás años no superaron las 40 esporas/m³ en el mejor de los casos. El 83% de los 123 días como media con presencia de esporas presentaron una concentración de 1 a 5 esporas/m³ y sólo una media de 18 días superaron las 10 esporas/m³ de aire (Fig.4.263).

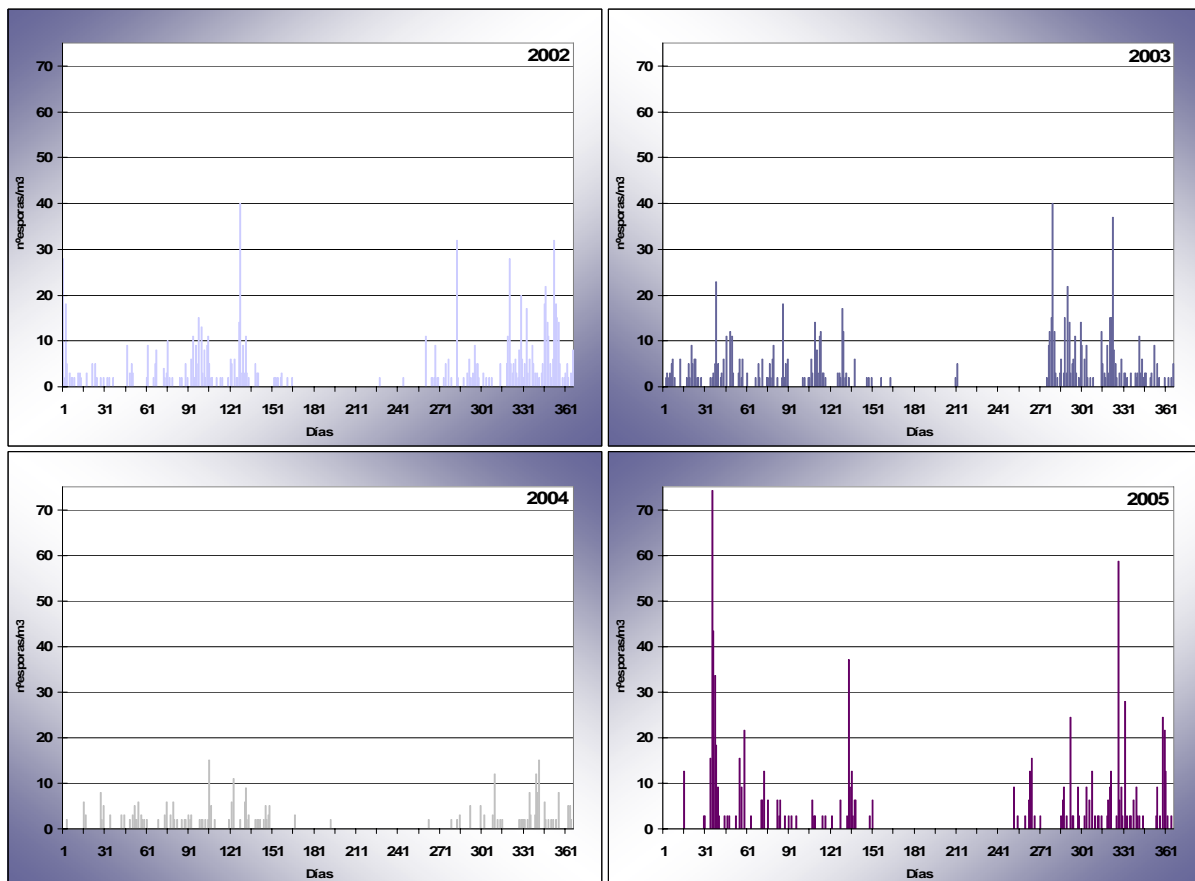


Fig.4.263. Evolución de las concentraciones medias diarias del tipo *Venturia* para cada uno de los años estudiados.

4.3.5. Resto de los tipos esporales identificados

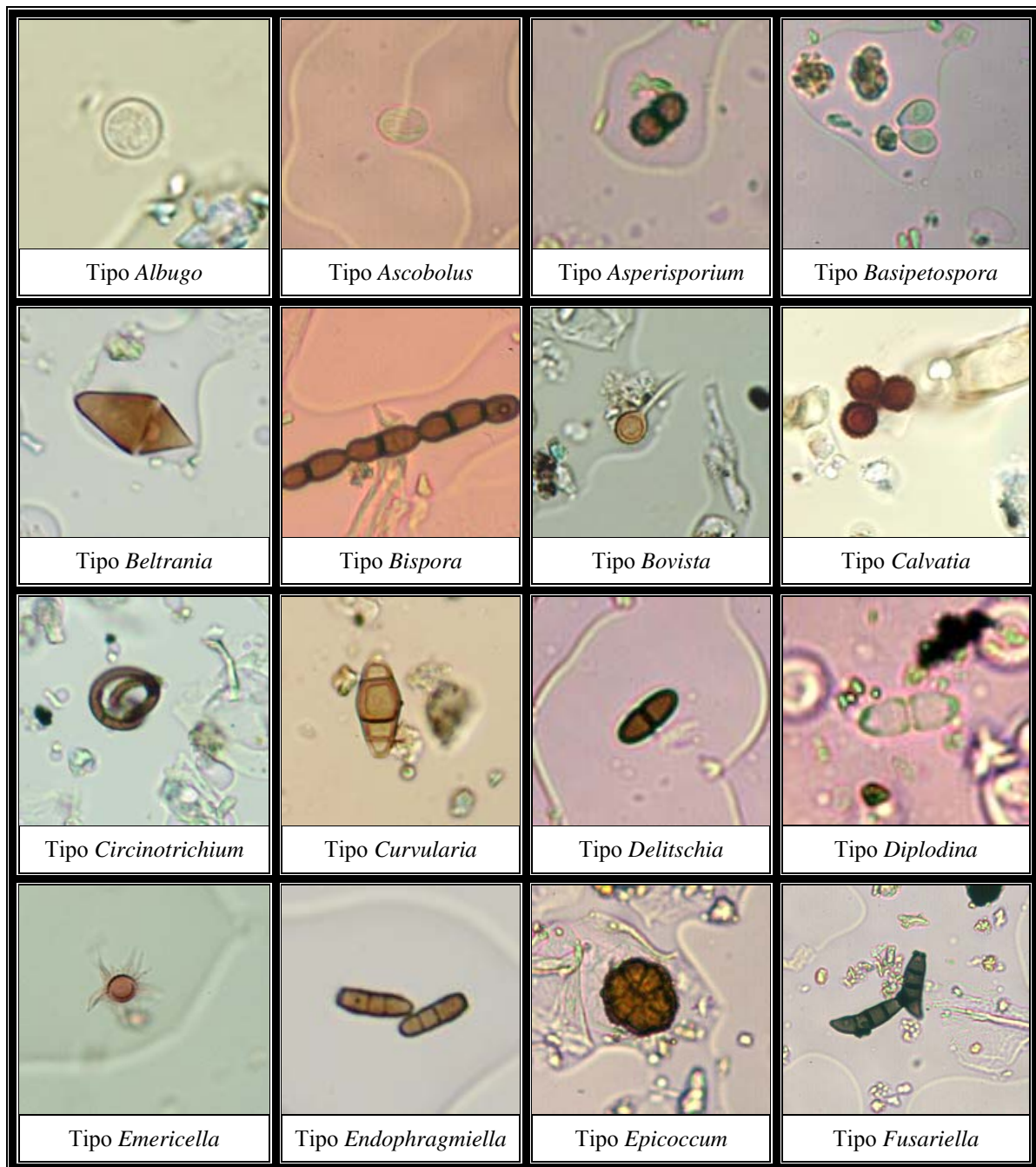
A continuación se muestran en una tabla un total 41 tipos cuyo índice anual medio no superó el valor de 100 (Tabla 4.89).

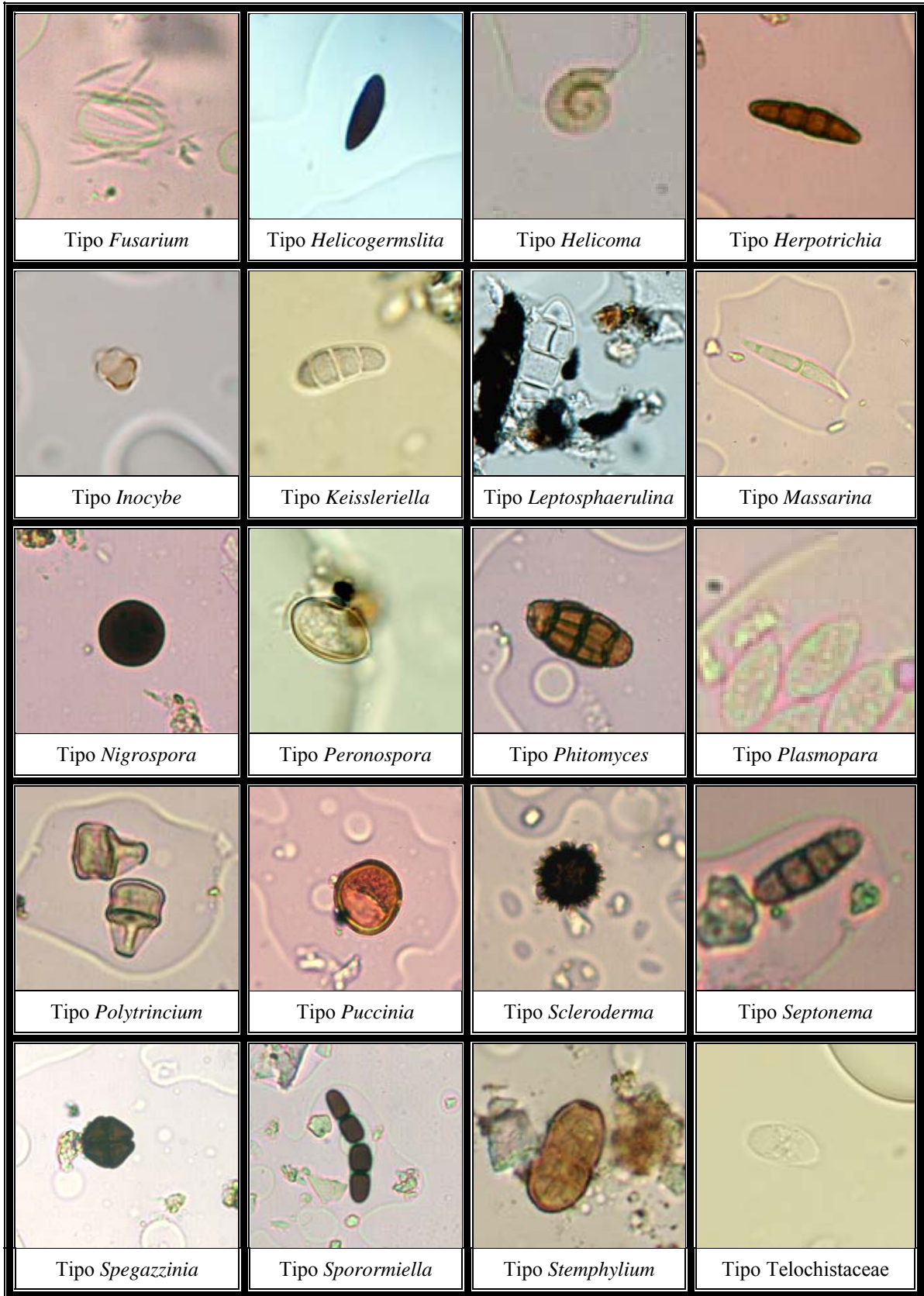
Tipo	Grupo taxonómico	Presencia (mayor índice mensual •)												Índice anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<i>Calvatia</i>	Basidiomycota	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Basipetospora</i>	H. imperfecto	•	•	•	•						•	•	•	◆◆◆◆
<i>Uredospora</i>	Basidiomycota	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Delitschia</i>	Ascomycota	•	•	•	•	•					•	•	•	◆◆◆◆
<i>Nigrospora</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Albugo</i>	Oomycota	•	•	•	•	•	•				•	•	•	◆◆◆◆
<i>Peronospora</i>	Oomycota	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Stemphylium</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Epicoccum</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Trichia</i>	Myxomycota	•	•	•	•	•				•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Phitomyces</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Fusarium</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•				•	•	•	•	◆◆◆◆
<i>Puccinia</i>	Basidiomycota	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	◆◆◆◆
<i>Polytrincium</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•						•	•	◆◆◆◆
<i>Keissleriella</i>	Ascomycota			•	•	•					•	•	•	◆◆◆
<i>Asperisporium</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◆◆◆
<i>Emericella</i>	Ascomycota	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	◆◆◆
<i>Helicogermisli</i>	Ascomycota	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	◆◆◆
<i>Bispora</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	◆◆◆
<i>Curvularia</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	◆◆◆
<i>Massarina</i>	H. imperfecto	•	•	•	•					•	•	•	•	◆◆◆
<i>Leptosphaerulina</i>	Ascomycota	•	•	•	•						•	•	•	◆◆◆
Xylariaceae	Ascomycota	•	•	•	•	•					•	•	•	◆◆◆
<i>Plasmopara</i>	Oomycota		•	•	•	•				•	•	•	•	◆◆
<i>Inocybe</i>	Basidiomycota	•	•	•	•						•	•	•	◆◆
<i>Diplodina</i>	H. imperfecto		•	•	•	•					•	•	•	◆◆
<i>Tilletia</i>	Basidiomycota		•	•	•						•	•	•	◆◆
<i>Spegazzinia</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•				•			◆◆
<i>Septonema</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•						•	•	◆◆
<i>Bovista</i>	Basidiomycota	•			•	•				•	•	•	•	◆◆
<i>Sporormiella</i>	Ascomycota		•	•	•	•				•	•	•	•	◆
<i>Helicoma</i>	H. imperfecto	•		•						•	•	•	•	◆
<i>Tripospermum</i>	H. imperfecto		•	•							•	•	•	◆
<i>Endophragmiella</i>	H. imperfecto	•	•	•	•	•	•						•	◆
Telochistaceae	Ascomycota				•							•	•	◆
<i>Beltrania</i>	H. imperfecto					•					•			◆
<i>Ascobolus</i>	Ascomycota											•		◆
<i>Herpotrichia</i>	Ascomycota			•										◆
<i>Fusariella</i>	H. imperfecto										•			◆
<i>Scleroderma</i>	Basidiomycota			•										◆
<i>Circinotrichium</i>	H. imperfecto					•								◆

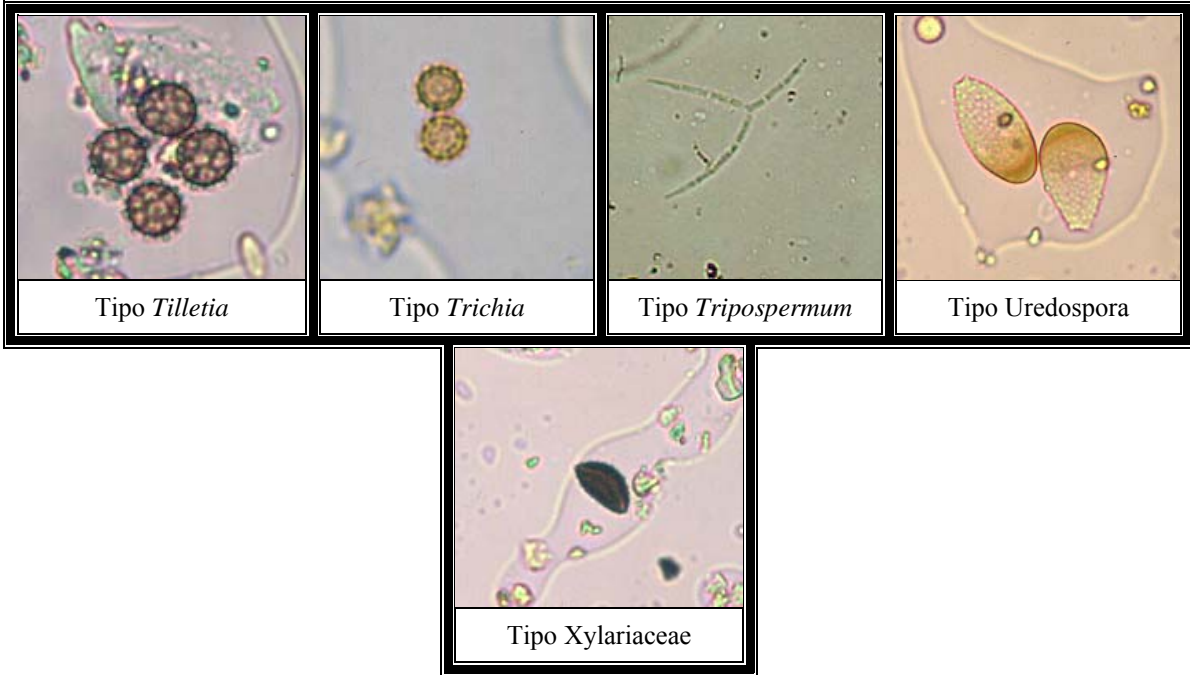
Tabla 4.89. Relación de tipos esporales con un índice medio anual inferior a 100 y su rango de abundancia anual (◆ 10 o menos, ◆◆ entre 11 y 25, ◆◆◆ entre 26 y 50, ◆◆◆◆ entre 51 y 99).

Casi la mitad de los tipos identificados que aparecen en la tabla anterior presentan una fase sexual desconocida, mientras que 9 tipos son ascomicetos y 6 basidiomicetos. Los 4 tipos restantes que no están incluidos en el Reino Fungi, se clasifican dentro de los Oomycota y Myxomycota.

En relación con su distribución anual cabe mencionar que a excepción de algunos tipos como *Nigrospora*, *Uredospora*, *Epicoccum*, *Phitomyces* y *Asperisporium* de aparición continua, el resto presentaron los mayores índices de esporas durante la época otoñal y primaveral, para desaparecer durante el periodo estival. Durante el invierno también se detectaron la mayoría de los tipos esporales, aunque generalmente en niveles bajos.







4.4. DATOS ESPORALES DE LA SALA DEL CATACLISMO

4.4.1. Tipos esporales detectados

En este segundo captador situado en el interior de la cueva se identificaron un total de 45 tipos esporales, de los cuales la mitad se incluyen en el grupo (sin validez taxonómica) de los hongos imperfectos. Basidiomycota fue el siguiente en número de tipos, seguido por Ascomycota con 8 tipos identificados. Finalmente, se contabilizaron otros 4 tipos pertenecientes a los mixomicetos y oomicetos (Tabla 4.90).

Ascomycota (8) R. Fungi	Basidiomycota (11) R. Fungi	Hongos imperfectos (22)		Myxomycota (2) R. Protozoa
<i>Chaetomium</i>	<i>Agaricus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Epicoccum</i>	Myxomycete**
<i>Didymella</i>	<i>Agrocybe</i>	<i>Arthrinium</i>	<i>Massarina</i>	<i>Trichia</i>
<i>Leptosphaeria</i>	<i>Boletus</i>	<i>Asperisporium</i>	<i>Oidium</i>	Oomycota (2) R. Chromista
<i>Phaeosphaeria annulata</i>	<i>Bovista</i>	Aspergiláceas	<i>Periconia</i>	
<i>Pleospora</i>	<i>Coprinus</i>	<i>Basipetospora</i>	<i>Phitomyces</i>	<i>Albugo</i> <i>Peronospora</i>
<i>Sordaria</i>	<i>Cortinarius</i>	<i>Bispora</i>	<i>Polythrincium</i>	
<i>Venturia</i>	<i>Ganoderma</i>	<i>Botrytis</i>	<i>Septoria</i>	* excluido tipo <i>Puccinia</i>
<i>Xylariaceae</i>	<i>Puccinia</i>	<i>Cercospora</i>	<i>Stachibotrys</i>	** excluido tipo <i>Trichia</i>
	<i>Tomentella</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Stephylium</i>	
	<i>Uredospora*</i>	<i>Curvularia</i>	<i>Torula</i>	
	<i>Ustilago</i>	<i>Drechslera</i>	<i>Triposphermum</i>	

Tabla 4.90. Relación de tipos esporales detectados e identificados en la Sala del Cataclismo.

4.4.2. Frecuencia y abundancia de los tipos identificados

Aunque el total de tipos identificados ascendió a 45, el número de tipos contabilizados en cada uno de los años muestreados no fue constante. Así, se observó un descenso progresivo en dicho número ya que mientras que en el año 2003 se registraron 37 tipos, en los años 2004 y 2005 esta cifra se redujo a 28 y 22, respectivamente.

De los tipos identificados, 14 de ellos fueron detectados durante los tres años de muestreo aunque con índices muy diversos ya que el porcentaje medio varió desde el 65% del índice anual hasta el 0,02%. El porcentaje tan elevado anteriormente comentado sólo fue alcanzado por el tipo aspergiláceas, ya que el siguiente tipo por orden de abundancia fue *Cladosporium* que apenas superó el 13% del índice anual como media. Los tipos *Agaricus*, *Boletus* y *Ustilago* presentaron porcentajes comprendidos entre el 2 y el 6%, mientras que los otros tipos con presencia anual continua no llegaron a alcanzar el 0,2%. En cuanto a los tipos restantes, éstos no mostraron un patrón tan

constante, apareciendo 14 tipos en dos de los tres años, con un índice medio que en el mejor de los casos no superó el 0,3% del total anual, mientras que en poco más del tercio de los tipos restantes se registró su presencia en tan sólo un año con porcentajes comprendidos entre el 0,004 y el 0,008% (Tabla 4.91).

Tipos esporales	Presencia esporal			% medio
	2003	2004	2005	
Aspergílaceas	•	•	•	65,061
<i>Cladosporium</i>	•	•	•	13,075
<i>Agaricus</i>	•	•	•	6,249
<i>Boletus</i>	•	•	•	3,791
<i>Ustilago</i>	•	•	•	2,166
<i>Basipetospora</i>	•	•		0,314
<i>Didymella</i>	•	•	•	0,171
<i>Coprinus</i>	•	•	•	0,131
<i>Leptosphaeria</i>	•	•	•	0,126
<i>Alternaria</i>	•	•	•	0,090
<i>Tomentella</i>	•	•		0,081
<i>Bispora</i>	•	•	•	0,074
<i>Agrocybe</i>	•	•	•	0,064
<i>Arthrinium</i>	•	•	•	0,040
Myxomycete	•		•	0,039
<i>Trichia</i>	•		•	0,032
<i>Torula</i>	•	•		0,023
<i>Ganoderma</i>	•	•	•	0,022
<i>Phaeosphaeria annulata</i>	•	•		0,019
<i>Pleospora</i>	•	•	•	0,017
<i>Phitomyces</i>	•		•	0,017
<i>Puccinia</i>	•	•		0,017
<i>Chaetomium</i>		•		0,015
<i>Stemphylium</i>		•		0,015
<i>Periconia</i>	•	•		0,014
<i>Epicoccum</i>		•	•	0,013
<i>Venturia</i>		•	•	0,013
<i>Drechslera</i>	•	•		0,009
<i>Cortinarius</i>	•	•		0,009
<i>Polytrincium</i>	•	•		0,009
<i>Cercospora</i>			•	0,008
<i>Sordaria</i>			•	0,008
<i>Stachybotrys</i>	•			0,007
<i>Curvularia</i>		•		0,005
<i>Bovista</i>			•	0,005
<i>Albugo</i>	•			0,004
<i>Botrytis</i>	•			0,004
<i>Oidium</i>	•			0,004
<i>Tripospermum</i>	•			0,004
Uredospora	•			0,004
Xylariaceae	•			0,004
<i>Massarina</i>	•			0,004
<i>septoria</i>	•			0,004
<i>Asperisporium</i>	•			0,004
<i>Peronospora</i>	•			0,004
Nº Tipos	37	28	22	

Tabla 4.91. Presencia de los tipos esporales detectados en cada uno de los años, así como el porcentaje medio del índice representado por cada tipo en función del índice anual de esporas totales.

Teniendo en cuenta que el recuento no se realizó diariamente sino que el total de días contados al año fueron de 34, 45 y 44, respectivamente, cabe mencionar que no se hallaron días con niveles nulos de esporas, aunque atendiendo a los tipos de modo individual el valor máximo fue para el tipo *Cladosporium* que apareció en más del 91% de los días analizados en el año 2003 (Tabla 4.92).

Tipos esporales	N° días analizados con esporas			% medio
	2003	2004	2005	
<i>Cladosporium</i>	31	40	36	87,29
Aspergílaceas	29	39	36	84,59
<i>Ustilago</i>	26	32	25	68,13
<i>Agaricus</i>	13	15	33	48,86
<i>Boletus</i>	4	9	9	17,41
<i>Coprinus</i>	9	6	4	16,30
<i>Leptosphaeria</i>	6	8	5	15,60
<i>Alternaria</i>	6	6	3	12,60
<i>Tomentella</i>	6	8	0	11,81
<i>Basipetospora</i>	8	2	0	9,32
<i>Agrocybe</i>	6	4	1	9,60
<i>Didymella</i>	3	2	5	8,21
Myxomycete	7	0	1	7,62
<i>Arthrinium</i>	5	2	1	7,14
<i>Bispora</i>	2	2	2	4,96
<i>Ganoderma</i>	2	1	1	3,46
<i>Phaeosphaeria annulata</i>	2	2	0	3,44
<i>Phitomyces</i>	2	0	1	2,72
<i>Torula</i>	2	1	0	2,70
<i>Periconia</i>	2	1	0	2,70
<i>Pleospora</i>	1	1	1	2,48
<i>Puccinia</i>	1	2	0	2,46
<i>Chaetomium</i>	0	3	0	2,22
<i>Stemphylium</i>	0	3	0	2,22
<i>Trichia</i>	1	0	1	1,74
<i>Drechslera</i>	1	1	0	1,72
<i>Cortinarius</i>	1	1	0	1,72
<i>Polytrincium</i>	1	1	0	1,72
<i>Epicoccum</i>	0	1	1	1,50
<i>Venturia</i>	0	1	1	1,50
<i>Stachybotrys</i>	1	0	0	0,98
<i>Albugo</i>	1	0	0	0,98
<i>Botrytis</i>	1	0	0	0,98
<i>Massarina</i>	1	0	0	0,98
<i>Oidium</i>	1	0	0	0,98
<i>septoria</i>	1	0	0	0,98
<i>Tripospermum</i>	1	0	0	0,98
Uredospora	1	0	0	0,98
Xylariaceae	1	0	0	0,98
<i>Asperisporium</i>	1	0	0	0,98
<i>Peronospora</i>	1	0	0	0,98
<i>Bovista</i>	0	0	1	0,76
<i>Cercospora</i>	0	0	1	0,76
<i>Sordaria</i>	0	0	1	0,76
<i>Curvularia</i>	0	1	0	0,74
Total días contados	34	45	44	

Tabla 4.92. Número de días del total de días analizados al año con presencia esporal, así como el porcentaje medio de días en función del total de días con esporas.

La mayor parte de los tipos tuvieron una presencia ocasional, ya que exceptuando 9 tipos que fueron detectados en un porcentaje superior al 10% de los días, los restantes sólo fueron registrados en una media del 6% de los días o incluso en tan sólo 1 día de entre los días analizados. Los tipos *Cladosporium* y aspergiláceas aparecieron en el 87 y 85% de los días, respectivamente. Mientras que se contabilizaron esporas de los tipos *Ustilago* y *Agaricus* en más del 50% de los días por término general, los restantes tipos mostraron presencia esporal por debajo del 18% de los días utilizados en el muestreo.

4.4.3. Tipos esporales más relevantes

Sólo 5 tipos de los 45 identificados superaron el 1 % del índice de esporas anual. Los demás tipos supusieron el 0,26 % del índice anual en el mejor de los casos. El tipo aspergiláceas fue el tipo que presentó el mayor índice anual en todos los años, con el valor máximo en el año 2005 y el mínimo en el 2004, aunque siempre aportando más de la mitad del índice total anual. A éste le siguió el tipo *Cladosporium* en todos los años excepto en el último de muestreo, que fue superado por el tipo *Agaricus* con el 12,4% del índice anual, que por otro lado, en el año 2004 sólo alcanzó el 1% del índice total, ocupando el 5º lugar. Se apreció una gran diferencia entre el segundo y tercer puesto y el primero en orden de abundancia, ya que presentaron un porcentaje como media unas 5 y 9 veces menor al del tipo aspergiláceas, respectivamente. Les siguieron los tipos *Boletus* y *Ustilago* que, al igual que el tipo *Agaricus*, no mostraron un orden constante en los diferentes años, aunque el porcentaje nunca superó el 7,7 y 3,5%, respectivamente (Fig.4.264).

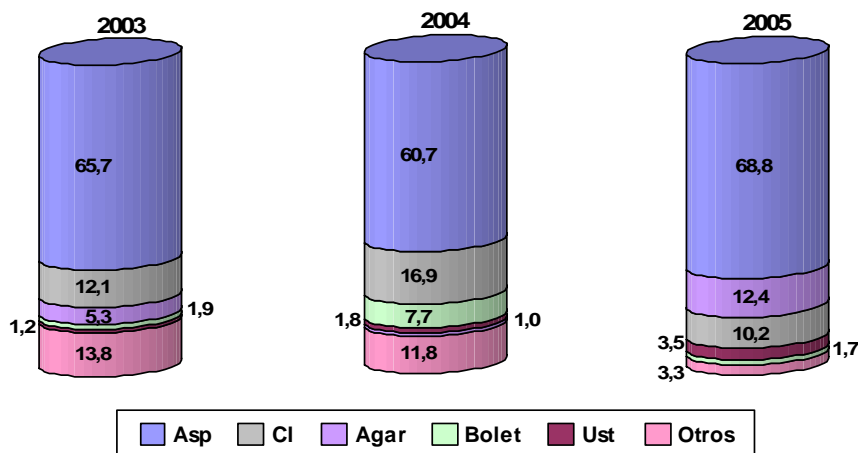


Fig.4.264. Porcentaje de los principales tipos esporales identificados en cada uno de los años de muestreo en función del total anual de esporas.

4.5. COMPARACIONES ENTRE CAPTADORES

Como ya ha sido mencionado en el capítulo de metodología y objetivos, con la finalidad del análisis de la homogeneidad, tanto cualitativa como cuantitativa, en función de las esporas fúngicas existentes en la atmósfera del interior de la Cueva de Nerja, a continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la comparación de los datos aerobiológicos registrados en los dos puntos de muestreo situados a la entrada y al final de la zona visitable de la cueva.

Además, para un análisis más detallado de la posible procedencia del exterior de gran parte de las esporas, que ya ha sido apuntada en la discusión parcial de algunos tipos, también se establecieron comparaciones entre las concentraciones de los tipos *Cladosporium* y *Alternaria* halladas en la Sala de Belén y las de la atmósfera exterior en las inmediaciones de la cueva.

En primer lugar, haciendo referencia a los niveles de esporas del interior de la cueva, cabe destacar las diferencias halladas tanto en el número de tipos detectados (Tablas 4.74 y 4.90) como en las concentraciones medias diarias. Estas diferencias de concentración también se encontraron al comparar las esporas del exterior con las del interior, aunque para una mejor apreciación, estos resultados obtenidos se detallan a continuación.

4.5.1. Comparación entre los resultados de la Sala del Belén y Sala del Cataclismo

El número de tipos identificados fue mayor en la Sala del Belén ya que se contabilizaron 72 frente a los 45 hallados en la Sala del Cataclismo. Ascomycota fue el más afectado ya que el número de tipos incluidos se redujo de 18 a 8. El grupo de los hongos imperfectos también mostraron un descenso considerable, desapareciendo 11 tipos. Cabe destacar que todos los tipos identificados en la Sala del Cataclismo aparecieron en la Sala del Belén, pero no a la inversa.

Observando las concentraciones medias diarias de los dos puntos de muestreo (Fig.4.265) también se aprecian las diferencias existentes en función de los niveles encontrados. Por término general, se apreciaron niveles mucho mayores en la Sala del Belén que en el segundo punto de muestreo, encontrándose únicamente un total de 3 de los 89 días, analizados en los dos años de estudio conjunto completos, donde las concentraciones en la Sala del Cataclismo sobrepasaron los índices calculados para esos mismos días en la Sala de Belén.

Mientras que los niveles medios diarios de esporas en la Sala del Belén superaron en más de la mitad de los días analizados las 1.000 esporas/m³, en la Sala del Cataclismo este porcentaje se redujo a poco más del 6% como media, ya que cerca de la mitad de los días mostraron concentraciones inferiores a las 200 esporas/m³.

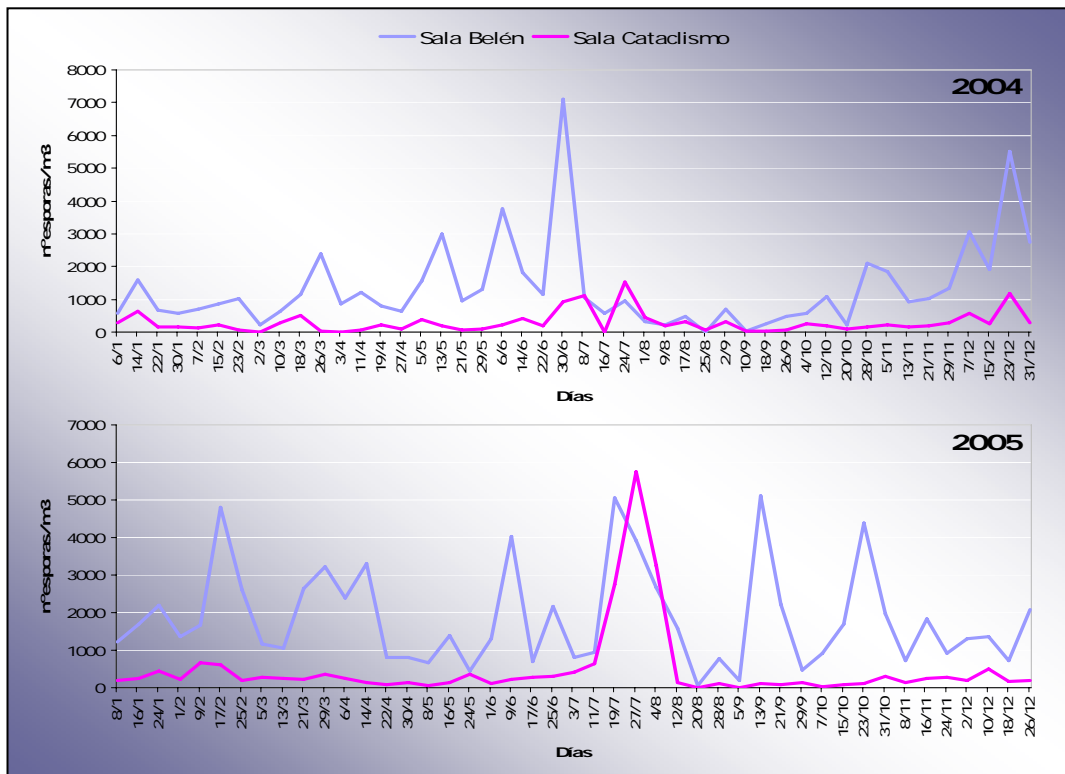


Fig.4.265. Distribución de las concentraciones medias diarias de las esporas totales de las Salas del Belén y del Cataclismo en días puntuales de los años 2004 y 2005.

Estas diferencias se analizaron empleando diversas herramientas estadísticas, hallando claras diferencias estadísticamente significativas tanto en las medias de las concentraciones como en la distribución de éstas en los diferentes años (Tablas 4.94 y 4.95).

Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Diferencias más extremas (absoluta)				
	N	2004	N	2005
S. Belén	46	0,218*	45	0,148NS
S. Cataclismo	46	0,227*	45	0,362***

Tabla 4.93. Resultados del test de Normalidad aplicado al total de esporas en cada uno de los puntos de muestreo y para cada uno de los periodos muestreados. *0,01 < p ≤ 0,05, ***p ≤ 0,001, NS contraste no significativo.

Test de Wilcoxon

S. Belén-S. Cataclismo	Z
2004	-5,556***
2005	-5,367***

Tabla 4.94. Prueba de contraste para la comparación de medias de las muestras relacionadas. ***p ≤ 0,001.

Test de Kolmogorov-Smirnov

S. Belén-S. Cataclismo	Z
2004	3,336***
2005	4,006***

Tabla 4.95. Prueba de contraste para la comparación de la distribución de las esporas totales en los dos puntos de muestreo. ***p ≤ 0,001.

Aunque los test realizados demuestran la existencia de amplias diferencias en la distribución de las concentraciones de los dos captadores, sí se ha observado cierto paralelismo en las subidas y bajadas de los niveles de esporas, encontrándose una correlación positiva y estadísticamente significativa entre las concentraciones de los dos puntos de muestreo, que fueron mayores en el año 2004 con un ρ de 0,42 (Tabla 4.96).

Correlación de Spearman			
	N	2004	2005
S. belén-S. Cataclismo	46	0,417**	0,345*

Tabla 4.96. Grado de asociación existente entre la concentración media diaria de esporas totales de los dos puntos de muestreo en los diferentes años. * $0,01 < p \leq 0,05$, ** $0,001 < p \leq 0,01$.

4.5.2. Comparación entre los resultados de la Sala del Belén y el exterior de la cueva

En este caso, como se muestra en la figura 4.266, también se hallaron diferencias tanto en el número de esporas como en la forma de la distribución de las concentraciones medias diarias a lo largo del año.

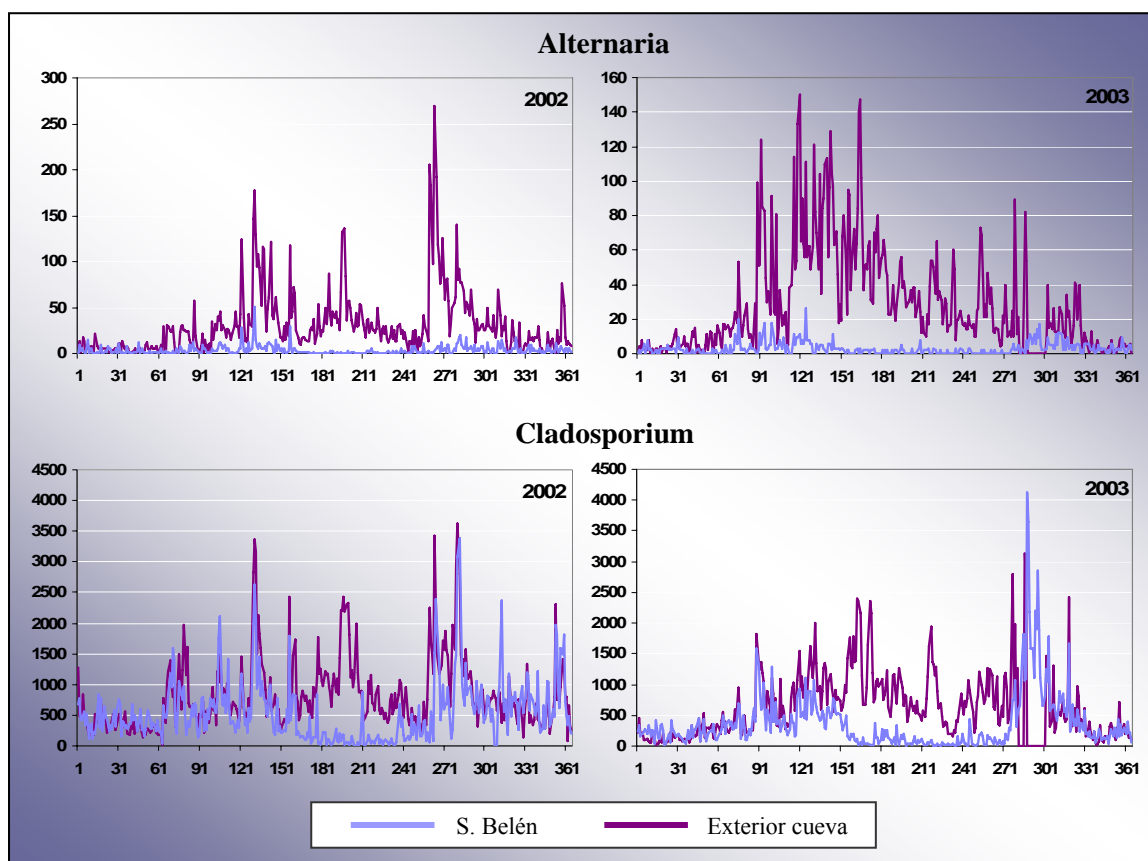


Fig.4.266. Distribución de las concentraciones medias diarias (esporas/m³) de las esporas correspondientes a los tipos *Alternaria* y *Cladosporium* del exterior y la Sala del Belén durante los años 2002 y 2003.

Estas divergencias se pusieron de manifiesto especialmente en la época estival donde tanto el tipo *Alternaria* como *Cladosporium* mostraron un pico en el exterior de la cueva que no se produjo en el interior. Durante el resto del año esas diferencias se redujeron, sobre todo en el tipo *Cladosporium* que presentó niveles muy similares tanto en el interior como en el exterior de la cueva.

Las diferencias anteriormente comentadas fueron estadísticamente significativas, encontrándose además una diferencia mayor en el análisis de las concentraciones y la distribución de las esporas del tipo *Alternaria* y entre los datos del año 2003 respecto a los del año 2002 en ambos tipos esporales (Tablas 4.98 y 4.99).

Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Diferencias más extremas (absoluta)					
	N	Cl _{ext}	Cl _{cuev}	Alt _{ext}	Alt _{cuev}
2002	365	0,149***	0,141***	0,202***	0,231***
2003	347	0,113***	0,155***	0,164***	0,236***

Tabla 4.97. Resultados del test de Normalidad aplicado al total de esporas en cada uno de los puntos de muestreo y para cada uno de los periodos muestreados. *** $p \leq 0,001$.

Test de Wilcoxon y U de Mann Whitney Test de Kolmogorov-Smirnov

Exterior-S. Belén	Z	
	2002	2003
<i>Cladosporium</i>	-9,119***	-11,794***
<i>Alternaria</i>	-15,796***	-18,166*** (Z _U)

Tabla 4.98. Prueba de contraste para la comparación de medias de las muestras relacionadas (Wilcoxon) e independientes (U-Mann Whitney). *** $p \leq 0,001$.

Exterior-S. Belén	Z	
	2002	2003
<i>Cladosporium</i>	3,738***	4,745***
<i>Alternaria</i>	9,142***	8,845***

Tabla 4.99. Prueba de contraste para la comparación de la distribución de las esporas totales en los dos puntos de muestreo. *** $p \leq 0,001$.

Entre las concentraciones del exterior y del interior de la cueva se apreció cierto grado de asociación, siendo positivo y estadísticamente significativo en los dos años en el caso del tipo *Cladosporium*, aunque resultó mayor en el año 2002. El tipo *Alternaria* presentó coeficientes de correlación menores, siendo estadísticamente significativo sólo en el año 2002 (Tabla 4.100).

Correlación de Spearman (Exterior-S. Belén)		
	2002	2003
<i>Cladosporium</i>	0,249***	0,140**
<i>Alternaria</i>	0,228***	0,074NS

Tabla 4.100. Grado de asociación existente entre la concentración media diaria de los tipos esporales *Cladosporium* y *Alternaria* del exterior de la cueva y de la Sala del Belén en los diferentes años. ** $0,001 < p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$, NS contraste no significativo.

A pesar del mayor índice esporal anual presentado en el exterior de la cueva, se observó la existencia de cierto número de días en los que las concentraciones en el interior fueron más elevadas que en el exterior. Así, el tipo *Cladosporium* rebasó los niveles en el interior en función del exterior un mayor número de veces que en el caso del tipo *Alternaria*, con un valor medio anual de 106 y 22 días, respectivamente (Tabla 4.101). Sin embargo, estos días no se repartieron homogéneamente a lo largo del año, sino que se agruparon en determinadas épocas. De este modo, el mayor número de días con niveles interiores más elevados se produjeron para ambos tipos esporales durante el invierno y el otoño en segundo lugar, siendo la época estival cuando se detectaron menos días. Así, el 49% de los días con mayores niveles de esporas del tipo *Cladosporium* dentro de la cueva se registraron en otoño, mientras que tan sólo el 2,3% de los días se produjeron en verano.

	Nº días con diferencias Ext/S.Belén negativas		% Nº días con diferencias Ext/S.Belén negativas	
	Tipo <i>Cladosporium</i>	Tipo <i>Alternaria</i>	Tipo <i>Cladosporium</i>	Tipo <i>Alternaria</i>
Invierno	52	13	49,2	56,7
Primavera	13	1	12,1	4,6
verano	2	0	2,3	0,0
otoño	39	9	36,3	38,8
Anual	106	22	100	100

Tabla 4.101. Media (2002-2003) del número de días al año y en los diferentes periodos en los que la concentración de esporas del interior de la cueva superó a la del exterior y porcentaje de dichos días en el año.

Esto también se observa al analizar el porcentaje de esporas presentes en el interior de la Sala del Belén en función de las esporas del exterior ya que los mayores porcentajes se produjeron durante el otoño y el invierno. Mientras que el tipo *Cladosporium* llegó a superar el contenido esporal del exterior en los periodos comentados anteriormente, con el 131 y 116% del índice exterior, respectivamente, el tipo *Alternaria*, aunque mostró porcentajes también más elevados, apenas superó la mitad del índice hallado en el exterior de la cueva (Tabla 4.102).

% Esporas S. Belén en función de las esporas del exterior		
	Tipo <i>Cladosporium</i>	Tipo <i>Alternaria</i>
Invierno	130,7	57,7
Primavera	59,5	13,0
verano	19,8	5,8
otoño	115,5	51,2
Anual	80,3	30,5

Tabla 4.102. Media (2002-2003) del porcentaje del índice de esporas del interior de la cueva en función de la concentración exterior.

A pesar de esto, tanto el porcentaje anual medio como la suma de las diferencias positivas fueron mayores en el exterior, especialmente en el tipo *Alternaria* ya que mientras que para el exterior esta diferencia alcanzó un valor de 9728 como media de los dos años, la Sala del Belén apenas llegó a 60. El tipo *Cladosporium* presentó una suma de las diferencias más de 7 veces superior en el exterior que en el interior. Así, en ambos casos sucedió algo similar ya que cuando las concentraciones del interior superaron a las del exterior lo hicieron en menor medida (Tabla 4.103).

Suma de las diferencias positivas	Tipo <i>Cladosporium</i>		Tipo <i>Alternaria</i>	
	2002	2003	2002	2003
Exterior	128.462	136.072	10.056	9399
S. Belén	26.004	10.020	73	46

Tabla 4.103. Suma de las diferencias positivas entre las concentraciones diarias (suma del número de esporas de un punto de muestreo por encima de la concentración existente en el otro para cada uno de los días) de cada uno de los captadores para cada tipo esporal y año.

4.5.3. Gradiente de concentración de esporas

Las concentraciones diarias de esporas del tipo *Cladosporium* de la Sala del Cataclismo mostraron niveles, por término general, muy inferiores a los de los demás captadores. Como se ha comentado anteriormente, las mayores diferencias de esporas tanto entre las registradas en la Sala del Belén como las de la Sala del Cataclismo con las del exterior se produjeron desde finales de la primavera hasta comienzos del otoño. En el periodo restante, mientras que los niveles en la Sala del Belén aparecieron más cercanos a los existentes en el exterior, no ocurrió así con los de la Sala del Cataclismo, especialmente durante la primavera (Fig.4.267).

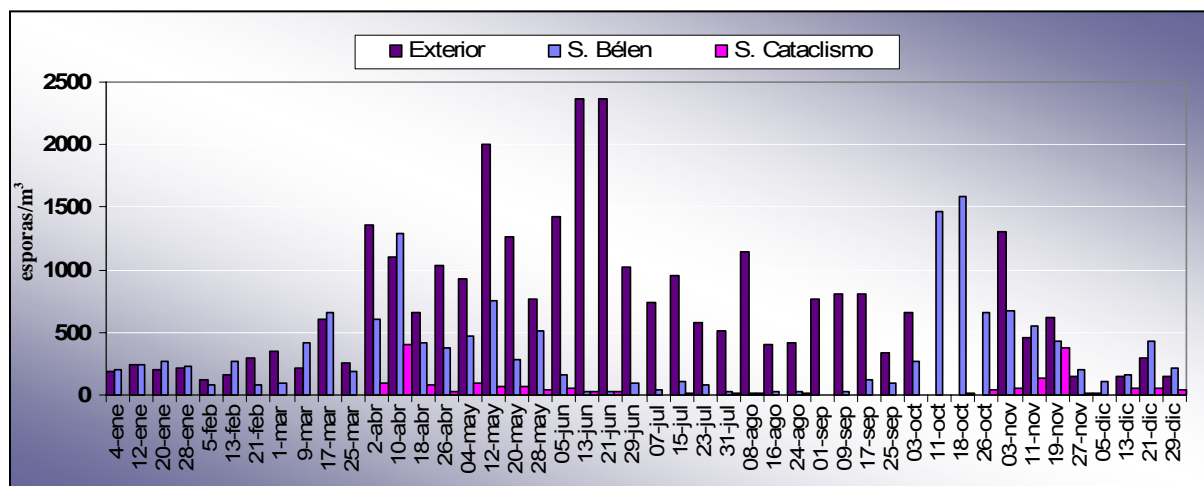


Fig.4.267. Distribución de las concentraciones diarias del tipo *Cladosporium* durante el año 2003 en los tres puntos de muestreo. Nótese la ausencia de datos procedentes de la Sala del Cataclismo hasta el 2 de abril y del exterior durante gran parte del mes de octubre.

Para observar la diferencia existente entre las concentraciones de los diversos puntos de estudio se calculó una tasa en función del punto exterior (con valor 1) en la que se aprecia como las concentraciones de los dos captadores interiores mostraron un descenso progresivo de los niveles en función de los registrados en el exterior para hacerse mínimos en la época estival y volver a incrementarse gradualmente durante el otoño, llegando a su máximo en invierno donde la tasa calculada para el tipo *Cladosporium* en la Sala del Belén llegó a superar el valor de 1, es decir, se sobrepasaron los valores registrados en el exterior (Fig.4.268). La pendiente de la tasa mensual resultante de la representación de los tres puntos de toma de datos tomando el exterior como punto de origen y siguiendo la sala del Belén y la Sala del Cataclismo presentó los valores más negativos durante los meses de verano para tornarse hacia valores menos negativos e incluso positivos durante los meses finales y de principios de año.

Finalmente, cabe mencionar la considerable diferencia existente entre los niveles detectados en la Sala del Belén y la del Cataclismo, registrándose en éste último un 13,8% como media de las concentraciones halladas en la primera sala y más cercana a la entrada y el 9% con respecto a las concentraciones de esporas aerovagantes del tipo *Cladosporium* presentes en el exterior.

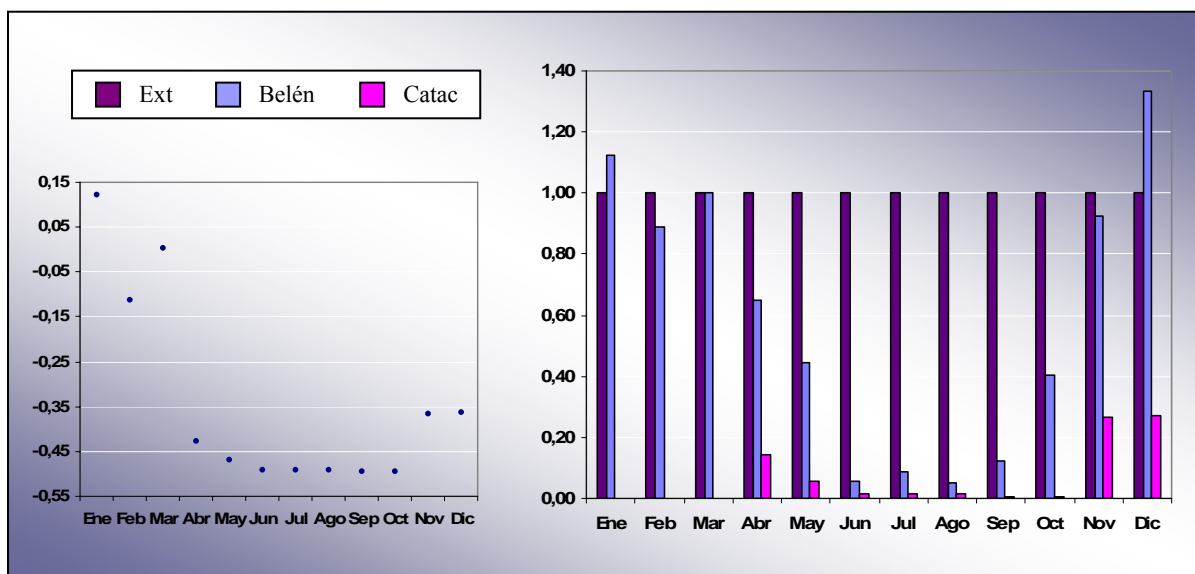


Fig.4.268. Tasa mensual de los niveles de *Cladosporium* del año 2003 de los tres puntos de toma de datos en función de la concentración exterior y pendiente resultante, tomando el exterior como punto de origen y siendo seguido por la sala del Belén y la Sala del Cataclismo. Nótase la ausencia de datos procedentes de la Sala del Cataclismo hasta el 2 de abril.

4.6. POLEN EN LA CUEVA DE NERJA

En todos los meses de muestreo se detectaron granos de polen en el interior de la Cueva de Nerja. El porcentaje de polen mensual del interior respecto al registrado en el exterior varió de unos meses a otros, mostrando los niveles más bajos entre finales del invierno y primera mitad del verano. El mes con el menor valor fue junio, con el 3%, mientras que enero, con el 12% aproximadamente, fue el mes con el mayor porcentaje de polen en función del polen del exterior de la cueva (Fig.4.269).

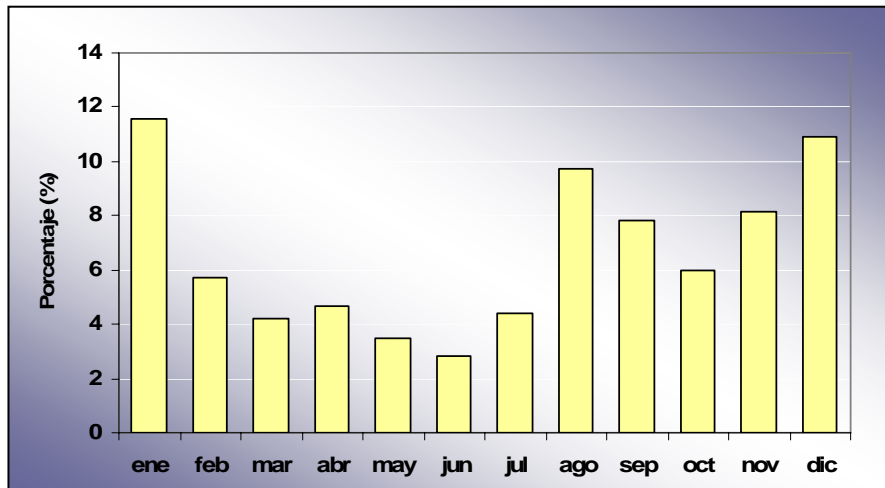


Fig.4.269. Tasa mensual media del polen registrado en el interior de la cueva durante los años 2002 y 2003 respecto al polen detectado en el exterior.

Las concentraciones medias diarias mostraron ligeras diferencias entre un año y otro, aunque presentaron un patrón similar de descenso de los niveles a partir de mediados de junio y con las mayores concentraciones de febrero a mayo. Al realizar los promedios de los porcentajes de las cantidades medias diarias de polen del interior en función de las del exterior durante los dos años de muestreo se obtuvo un valor medio anual del 10% (Fig.4.270).

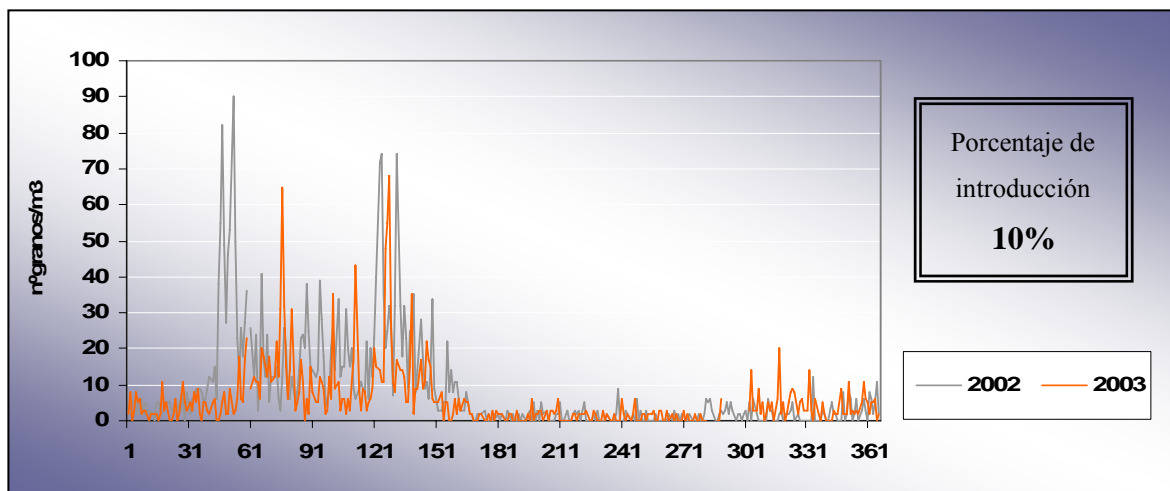


Fig.4.270. Concentración media diaria del polen del interior durante los años 2002 y 2003 y tasa media anual de introducción de polen al interior de la Cueva de Nerja.

Finalmente, también se realizó el análisis de correlación entre las concentraciones de polen exteriores y las detectadas en la Sala del Belén, obteniéndose un grado de asociación bastante elevado y con signo positivo (Tabla 4.104).

Correlación de Spearman				
	N	2004	N	2005
Exterior-S. belén	365	0,739***	348	0,656***

Tabla 4.104. Grado de asociación existente entre la concentración media diaria de polen total del exterior y el detectado en la Sala del Belén. *** $p \leq 0,001$.

5. DISCUSIÓN



5.1. CLIMATOLOGÍA DE NERJA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO

La Península Ibérica, por su especial localización entre las regiones tropicales y templadas, recibe influencia tanto de la corriente polar originando frentes y borrascas, como de anticiclones con las altas presiones tropicales que proporciona una gran variabilidad en las temperaturas y precipitaciones. Así, Nerja pertenece bioclimáticamente, como se ha comentado en capítulos anteriores, al clima termomediterráneo o al denominado clima oceánico subtropical, el cual se distribuye en una estrecha franja costera desde Granada hasta Huelva.

Nerja es ligeramente más cálida y árida, acercándose bastante al mínimo de lluvia establecido por Rivas-Martínez (1981) para caracterizar este clima termomediterráneo seco, que otros puntos de la provincia como Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a), aunque a pesar de presentar temperaturas relativamente elevadas, éstas son menores a las registradas en otras zonas del interior durante la época estival. Así, la media de las temperaturas máximas en este periodo en Nerja fue de 28,8 °C frente a las registradas en otras ciudades cercanas como Sevilla y Córdoba, cuyas medias ascendieron a 34,9 y 35,7 °C, respectivamente. Esta variación de temperatura en zonas relativamente cercanas se produce gracias a la cercanía del mar y al efecto brisa-contrabrisa que también puede ser importante a la hora del estudio de la variación intradiaria de las concentraciones polínicas, aunque este tema se abordará más adelante.

Por otro lado, en invierno los frentes y borrascas característicos de la zona templada se desplazan hacia el sur llegando a afectar a toda la península, con el consecuente descenso de las temperaturas. Sin embargo, esta bajada de temperaturas en Nerja, se ve amortiguada como sucede en verano, también por la influencia del mar, ya que debido a la gran capacidad de almacenaje de calor del agua por su elevado calor específico, acumula calor que libera posteriormente, favoreciendo un invierno suave donde la media de las temperaturas mínimas superó los 9,7 °C. Así, debido a su enclave costero, tanto en verano como en invierno la oscilación diaria entre la temperatura máxima y la mínima fue inferior a la registrada en otras regiones del interior, con un valor medio de 8,4 °C frente a los 13,1 °C de Sevilla.

En cualquier caso, Nerja y su entorno se caracterizan por la presencia de veranos secos y áridos con escasas lluvias, periodo en el que se ha alcanzado como media de los años de estudio unos 13 mm de lluvia aproximadamente, que se producen casi en su totalidad a finales de septiembre. Este comportamiento que también se puede observar en otras ciudades andaluzas, y en general en las regiones de la mitad sur de la Península Ibérica, está ocasionado por los anticiclones de las zonas tropicales que se desplazan hacia el norte afectando a la mayor parte de la Península, provocando una prolongada sequía estival junto con olas de calor originadas por la llegada de masas de aire cálido desde el norte de África. Además, los frentes y borrascas característicos de la zona templada, durante esta época del año, sólo afectan a la franja cantábrica en donde llueve con frecuencia, aunque en menor cantidad que en otros periodos (Echarri, 1998). Así, por ejemplo en algunas ciudades de la

costa del norte de la Península como Gijón y Bilbao, nos encontramos para esos mismos años unas precipitaciones medias estivales de unos 150 mm, aproximadamente llegándose a sobrepasar los 200 mm de lluvia en el verano del 2002 en Bilbao.

Finalmente, al igual que en otras localidades de clima mediterráneo, en primavera y en otoño es cuando se concentran la mayor parte de las precipitaciones constituyendo cerca del 70% como media del total anual, aunque en esta zona costera las precipitaciones invernales son también relativamente abundantes, produciéndose en su mayoría en forma de lluvias torrenciales, concentrada en pocos días e incluso horas.

En el clima mediterráneo es frecuente la alternancia entre periodos de sequía y periodos algo más lluviosos. Aunque el número de días con lluvia en Nerja ha sido similar en los diferentes años, no ha sido así en lo referente a la intensidad de dichas lluvias. En nuestro caso, el año 2001 fue el más seco con 396 mm, fenómeno que también se repitió en otras ciudades andaluzas como Almería (Sabariego *et al.*, 2002), Cádiz (Candau *et al.*, 2002a) y Huelva (González-Minero *et al.*, 2002) y en algunas localidades del resto de España como Madrid (Gutiérrez-Bustillo *et al.*, 2002) y Lugo (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2002a). Por el contrario este patrón no fue seguido en otros lugares, incluyendo Málaga capital (Recio *et al.*, 2002c) en el que fue el 2000 el año más seco al igual que en Sevilla. El año más lluvioso y el más homogéneo en cuanto a reparto de lluvias fue el año 2003, coincidiendo esta vez con Málaga capital, con casi 550 mm.

Así, en el periodo de muestreo se obtuvieron dos periodos otoño-invierno 2000-2001 y 2002-2003 lluviosos y otros dos secos (1999-2000 y 2001-2002), además una primavera más o menos lluviosa en los años 2000, 2002 y 2003 (los dos primeros además con el periodo pre-primaveral seco) y uno, el año 2001, con el periodo primaveral seco (Fig.5.1). Esto también se ha apreciado en otras ciudades españolas (Echarri, 1998).

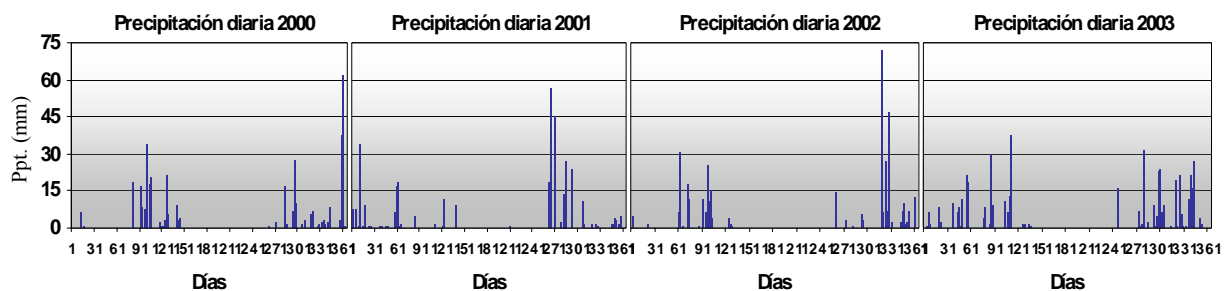


Fig.5.1. Precipitaciones diarias registradas en Nerja a lo largo del periodo de estudio.

Por último, en este apartado de climatología nos centraremos en el régimen de vientos que caracterizan la zona para una mejor comprensión de la dispersión y las variaciones acontecidas en las concentraciones polínicas en la atmósfera del entorno de Nerja.

El viento predominante en la zona de Nerja no presenta una componente principal clara. Aunque el viento de procedente norte, así como del ENE y WNW tiene una mayor presencia, el viento originario del sur también presenta un porcentaje a tener en cuenta (Fig.4.7). Para una mayor comprensión del comportamiento del viento se procedió a un estudio más detallado en el que se estudiaron tanto el régimen de vientos en las diferentes estaciones del año como a diferentes horas. De aquí pudimos observar una alta heterogeneidad intra-anual ya que mientras que en otoño y en invierno el viento predominante procedía del norte, el de primavera tenía una mayor componente sur que se acentuaba en verano. Esta presencia más elevada del viento del sur durante la primavera y sobre todo durante la época estival pudo estar causada en parte por la mayor influencia del efecto brisa-contrabrisa, debido a las mayores temperaturas alcanzadas en este periodo.

Este fenómeno, que afecta a las ciudades costeras, también parece ser el origen de las diferencias intradiarias halladas en nuestro estudio. Así, durante la madrugada y primeras horas de la mañana, en las que las masas de aire en contacto con tierra firme se enfrían con mayor rapidez, existe una componente principalmente norte ya que el fenómeno contrabrisa crea una corriente desde el interior al mar. Por el contrario, a las 13.00 horas en la que la temperatura aumenta considerablemente, se aprecia el efecto contrario, creándose una corriente desde el mar hacia el interior y cambiando la dirección de procedencia del viento a sur por el denominado efecto brisa. Finalmente, a las 18.00 horas la temperatura empieza a descender y por tanto ya aparece un mayor equilibrio entre las componentes norte y sur.

Este fenómeno puede explicar la diferencia encontrada a diferentes horas del día, sin embargo no deja muy claro las diferencias encontradas entre los diferentes años ya que mientras que en los años 2000 y 2001 los vientos predominantes procedieron sobre todo del sur y en menor medida del norte, en el 2003 sucedió lo contrario, existiendo mayor predominancia del norte, que se hace casi totalitaria en el año 2002, donde casi el 100% de las tomas de muestras presentaron dirección N, WNW y ENE. Esta diferencia interanual debemos buscarla principalmente en el origen de los datos. Como se explicó en material y métodos por limitaciones técnicas del Instituto Meteorológico que nos proporcionó la información, sólo dispusimos de datos de vientos puntuales, más concretamente 4 tomas diarias, cabiendo destacar los repetidos periodos de ausencia de datos que pudo crear un sesgo a tener en cuenta. Así, en los dos primeros años existió una ausencia del 64% de datos como media que fueron en su mayoría los correspondientes a los de las 07h cuya componente principal fue norte, de modo que en esos años en los que en principio predominó la dirección sur, cabría esperar un porcentaje mayor del viento del norte estableciéndose un mayor equilibrio entre el porcentaje de ambas direcciones como se muestra en el año 2003. Esto también es aplicable a los gráficos obtenidos para las diferentes estaciones del año, en las que todas, pero especialmente en invierno y primavera, también debería aparecer una componente norte más marcada. Finalmente, a pesar de estos factores, la práctica ausencia de vientos procedentes del sur en el año 2002 no pudo ser explicado por el sesgo de datos existente ya que fue el año que presentó un mayor número de datos junto con el 2003 y a su vez más homogéneamente distribuidos.

Atendiendo a los datos anuales, el valor medio de calmas registradas al año fue similar al registrado en Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a) con algo más del 14%, aunque existió una clara diferencia entre los dos primeros años de estudio y los dos últimos que presentaron un porcentaje mayor. Al igual que con la dirección del viento, también cabe mencionar el efecto del sesgo existente en la toma de datos. De este modo, debido a la alta ausencia de datos de las 07h registrados en los años 2000 y 2001 donde el porcentaje de calmas es más elevado a las de otras horas del día, en principio el valor expresado en tantos por ciento de calmas cabría esperarse que fuese mayor.

Finalmente, si comparamos este comportamiento con el de otras localidades malagueñas, vemos que Málaga capital, a pesar de la relativa cercanía, presenta un régimen de vientos que dista en gran medida del observado en Nerja. Por la especial localización de nuestra capital de provincia, rodeada de formaciones montañosas, los vientos predominantes son los pertenecientes al 2º y 4º cuadrante, con vientos de componente E-SE, W-SW y NO, fundamentalmente (Recio, 1995; Recio *et al.*, 1998a). Por el contrario en Estepona, ciudad costera situada en el extremo occidental de la provincia, los vientos predominantes están contenidos en el primer y tercer cuadrante (NE y SO, respectivamente) (Toro, 1997). Por tanto, dada la gran influencia de la geografía, el régimen de vientos no se puede generalizar para un área extensa, siguiendo un comportamiento particular dependiendo del enclave.

5.2. DATOS POLÍNICOS

5.2.1. Comportamiento estacional

Al igual que en otras regiones con clima mediterráneo, el espectro polínico de la localidad de Nerja está caracterizado la presencia de polen en la atmósfera durante casi todo el año, con mínimos en la época estival, así como por el largo PPP con amplias colas que hace que los periodos de polinación se prolonguen largamente en el tiempo. Sin embargo, en otras regiones centrales y del norte de Europa, además de presentar un PPP más corto, aparecen tipos polínicos poco frecuentes en nuestra zona como los tipos *Betula* y *Corylus*, o que no se detectan como el tipo *Ambrosia*. Las diferencias no sólo se aprecian a nivel cualitativo sino que también se presentan a nivel cuantitativo. Así, el tipo *Alnus* suele tener mayor relevancia en países como Alemania, Suiza y Austria que en Nerja donde se registran niveles bajos, pero sin embargo, los niveles de *Olea* son inferiores, presentando un mayor aporte de otros géneros de la familia Oleaceae como *Fraxinus* (Spieksma, 1991a).

Otro aspecto a tener en cuenta es el inicio del periodo de polinación ya que en Nerja se produce con anterioridad al de otras ciudades españolas y europeas, debido a la diferencia de latitud existente y a la cercanía del mar que origina un clima más suave. Así, para el polen de Poaceae, mientras que en ciudades como Córdoba la fecha de inicio de polinación se ha establecido en el día 120 como media (1991-1997), llegando hasta el día 188 (1976-1996) en la ciudad finlandesa de Kevo (Emberlin *et al.*, 2000), en Nerja apenas se superan los 62 días como media desde el comienzo de año hasta la aparición del polen de gramíneas en la atmósfera. Con relación a Málaga capital, aunque la aparición del pico de máxima concentración de los diferentes tipos polínicos coincide con lo observado en Nerja, en nuestro caso también se observa un adelanto del PPP del tipo Poaceae, con un primer pico en marzo, además del de los tipos *Pinus*, *Pistacia*, *Plantago* y *Rumex* (Recio *et al.*, 1998a).

La media del índice polínico anual de los años completos fue de 59.750, con más del 90% como media del polen total anual registrado entre febrero y junio al igual que en Málaga (Recio *et al.*, 1998a). Si comparamos el índice polínico anual con el de otras ciudades, éste fue superior a los niveles anuales alcanzados en otras localidades de la provincia de Málaga como Estepona (periodo 1995-1997) con el 54% menos (Toro, 1997) o Málaga capital que para el mismo periodo presentó una media de 35.653 (Recio, 2002c). Sin embargo, en Antequera (localidad del interior de la provincia) se alcanzaron niveles incluso superiores a los de Nerja, aunque este elevado número de granos de polen detectados se debió fundamentalmente a un único tipo polínico, en este caso *Olea*, que representó el 44% del polen total ocasionado por la existencia de grandes extensiones de olivos dedicados a la obtención de aceite (Recio *et al.*, 2000). Este fenómeno, a mayor escala, se observa en otras ciudades andaluzas como Jaén en la que se registran unas concentraciones polínicas muy elevadas, donde más del 70% del polen atmosférico es producto de los olivos (Ruiz *et al.*, 2002).

De los 37 tipos polínicos identificados, los principales fueron *Pinus*, *Olea*, Urticaceae, Cupressaceae, *Quercus* y Poaceae que representaron cerca del 88% como media del índice polínico anual. Aunque el orden según su abundancia oscila dependiendo de los años y de la estación aerobiológica, Nerja comparte con Málaga y Estepona (Recio *et al.*, 1998a; 2006), así como con otras ciudades andaluzas, la presencia de tipos polínicos como *Olea*, Cupressaceae, Poaceae y *Quercus* entre los principales representantes polínicos aerovagantes, mientras que, al igual que en ciudades del norte de España como Vigo (Rodríguez-Rajo, 2000) también contiene entre los tipos más relevantes el polen de *Pinus* y Urticaceae, aunque en Vigo el tipo *Pinus* aparece con posterioridad. Como se ha mencionado en el apartado de comentarios y discusión de este tipo polínico, los elevados índices obtenidos están causados por la cercanía de amplias áreas de repoblación junto a la presencia de ejemplares en la zona ajardinada del complejo turístico Cueva de Nerja en el que estaba enclavado el captador.

A este tipo polínico le siguen otros como *Olea*, Urticaceae y Cupressaceae con el 19,4, 15,2 y 13,8%, respectivamente. Con el polen de Urticaceae se observó algo similar a lo acontecido con el polen de *Pinus* ya que los niveles detectados fueron mucho mayores en Nerja que en Málaga capital. Estos índices más elevados son característicos de zonas más rurales como ya describió García (1994) para otra localidad malagueña como es el caso de Coín. Sin embargo, en el caso de otros tipos polínicos como *Olea* y *Quercus* que apenas superó el 8,3% se apreció el fenómeno contrario ya que sus concentraciones son mucho menores en Nerja. Así, en el caso de *Olea*, que en Málaga supera el 30% siendo el taxon más importante en relación con la abundancia mientras que en Nerja no llega al 20%, puede estar debido a la existencia de amplias zonas del interior destinadas al cultivo del olivo como la comarca de Antequera, que hacen que durante el periodo de polinación, si el viento procede del NO, se registren elevados niveles de polen de este taxon en la capital (Recio, 1995). Este incremento de las concentraciones polínicas debido al transporte a media o larga distancia con el viento como vector también ha sido puesto de manifiesto por otros autores como Silva *et al.* (2000) y Damialis *et al.* (2005). Los demás tipos, a excepción de Poaceae que sobrepasó el 7%, vieron reducidos sus porcentajes a poco más del 2% como fue el caso del tipo *Plantago*. Finalmente, los tipos Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Mercurialis* y *Rumex* contuvieron cerca del 1% del polen total.

Finalmente, si lo comparamos con el calendario obtenido en localidades cercanas como Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), Málaga capital (Recio *et al.*, 1998a) y Estepona (Recio *et al.*, 2006), encontramos que las diferencias más significativas son el alto nivel de polen de *Pinus*, principalmente en febrero y marzo, y de Urticaceae que se mantiene en niveles bastante altos durante casi todo el año, encontrando las concentraciones más bajas en agosto y septiembre. Además, se registran concentraciones más elevadas de polen de *Artemisia* y *Pistacia* debido a la cercanía de poblaciones naturales de especies de ambos géneros. Especies como *Artemisia barrelieri* y *A. herba-alba* son características de zonas áridas del sureste de la Península Ibérica, de modo que Nerja, más árida que otras localidades de la provincia más occidentales como Málaga capital, presenta unos niveles superiores a los de otros puntos de la provincia, aunque en localidades como Almería, Chirivel

y Murcia aún se registran concentraciones mayores (Munuera *et al.*, 1998; 1999; 2002; Cariñanos *et al.*, 2000b; Sabariego *et al.*, 2002).

El comportamiento general descrito en el capítulo de resultados, experimentó ligeras variaciones a lo largo de los diferentes años de muestreo, tanto en los niveles polínicos como en la evolución de las curvas de concentración, así como en la fecha de inicio, duración y fin del PPP de los diversos taxones. Estas variaciones se deben en gran medida a los cambios climáticos interanuales tales como la temperatura, precipitaciones o viento (Summerfield *et al.*, 1997; Cenci & Ceschia, 2000) que alteran no sólo los procesos de liberación y dispersión del polen (Jones & Harrison, 2004), sino la fenología de la planta en procesos tales como la floración (Sparks *et al.*, 2000; Van Vliet *et al.*, 2002) y aunque se abordarán con mayor profundidad en el apartado dedicado al análisis estadístico, realizaremos una aproximación a nivel general.

Así, aunque un poco más elevado en los años impares, el índice polínico anual de los diferentes años fue similar a excepción del año 2000 que presentó un 43% menos como media de polen en función de los demás. Esta diferencia pudo estar causada en gran medida por la ausencia de datos de principios de año, sobre todo de la primera quincena de febrero donde los taxones típicos invernales, especialmente los tipos *Pinus*, Cupressaceae y Urticaceae presentaron elevadas concentraciones medias diarias en los restantes años.

La ligera superioridad numérica del índice polínico de los años impares está propiciada por la mayor concentración de polen registrada en esos años en el caso de dos tipos importantes como Cupressaceae y *Olea*. Este comportamiento de oscilaciones bianuales de las concentraciones ya se ha descrito para el tipo *Olea* en otras ciudades como Málaga capital (Recio, 1995) y Córdoba (Vázquez *et al.*, 2002) y se ha observado en todas las ciudades andaluzas: Almería (Sabariego *et al.*, 2002), Cádiz (Candau *et al.*, 2002a), Granada (Alba *et al.*, 2002), Huelva (González Minero *et al.*, 2002), Jaén (Ruíz *et al.*, 2002) y Sevilla (Candau *et al.*, 2002b). Una posible causa de esta diferencia interanual está en la propia fisiología de la planta ya que un año dedica el mayor porcentaje de recursos energéticos a la producción de polen, mientras que el siguiente invierte dichos recursos en el crecimiento vegetativo.

En la evolución estacional, el primer gran pico cuya aparición se produjo en la segunda quincena de febrero, mostró un adelanto en el año 2001, así como una continuidad con los sucesivos picos de menor intensidad hasta la primavera. La aparición más clara y diferenciada de dos picos en los años 2000, 2002 y 2003 se debió a las lluvias acaecidas durante el mes de abril que hicieron descender los niveles polínicos, lo que no sucedió en el año 2001 ya que fue un mes muy seco. En lo referente al adelanto del PPP, éste pudo estar ocasionado por la temperatura más elevada experimentada durante el invierno en relación con los restantes años (Maak & Von Storch, 1997; Sparks *et al.*, 2000), que junto a las lluvias acaecidas entre finales de diciembre del año anterior y principios de enero propiciaron la más temprana y abundante aparición de los tipos Cupressaceae, Urticaceae, *Mercurialis* y especialmente *Pinus* (Fig.5.2).

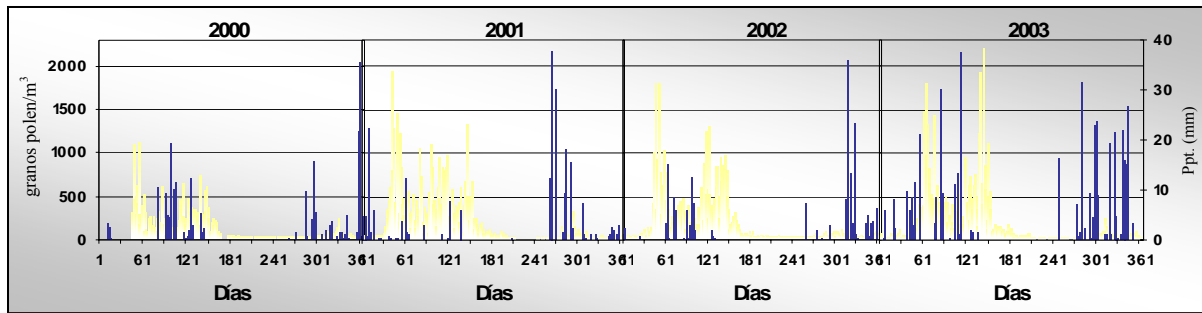


Fig.5.2. Evolución de las concentraciones polínicas medias diarias y las precipitaciones.

Por el contrario, el año 2003 mostró un pico más tardío que probablemente se debió al invierno más frío, con una temperatura acumulada menor, especialmente el mes de febrero y al alto número de días con lluvias en enero y febrero que provocó un efecto lavado en la atmósfera y retraso en el inicio de la polinación. Este efecto se apreció en la evolución polínica de los tipos Cupressaceae, *Morus* y *Pinus* (Fig.5.3). Este patrón de comportamiento también se observó en el segundo pico, produciéndose también un adelanto en el año 2001 en tipos como *Olea* cuya aparición se atrasó en el 2003, al igual que otros tipos como *Rumex*, Poaceae y *Plantago*. En este año 2003 también se apreció por lo general una finalización más tardía en lo que a PPP se refiere.

El efecto que las temperaturas media y máxima tienen en el inicio del PPP ha sido estudiado en tipos como *Olea* y *Quercus* por diversos autores como Galán *et al.* (2001b) y Rodríguez-Rajo *et al.* (2003) poniendo de manifiesto la importancia del acúmulo de horas de calor tras un periodo de dormancia.

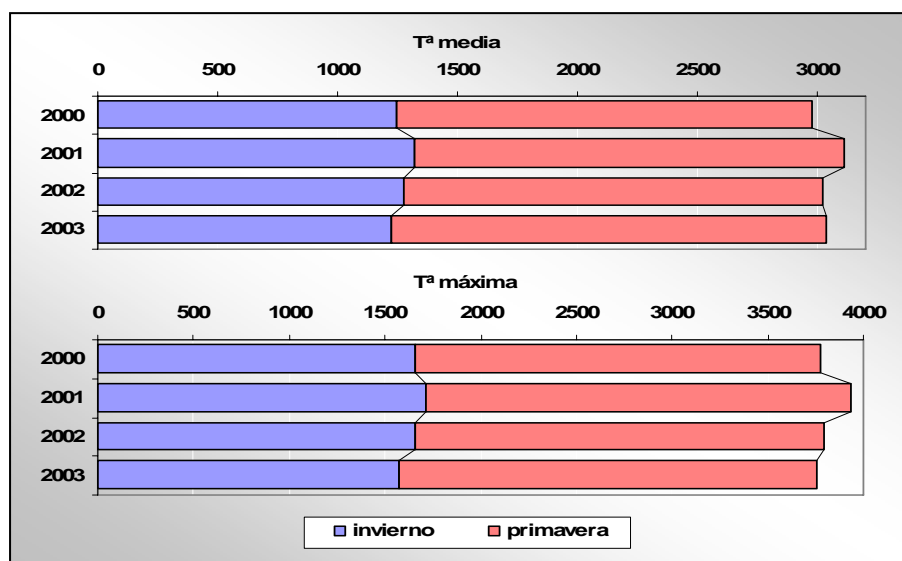


Fig.5.3. Temperatura media y máxima acumulada (°C) durante los meses de invierno (enero, febrero y marzo) y los meses de primavera (abril, mayo y junio) en los diferentes años estudiados.

Tanto el año 2000 como el 2001 mostraron el pico primaveral con menor intensidad que los restantes años. En ambos casos, además de ser los años con menor cantidad de lluvias, se produjo un periodo preestacional seco, que unido a que el invierno también fue seco y la primavera lluviosa del año 2000, no sólo disminuyó la floración por escasez de agua sino que se redujeron los niveles polínicos por lavado atmosférico a principios de la primavera. Sin embargo, el pico de mayor intensidad se originó en el año 2003, propiciado mayoritariamente por el polen de *Olea* y *Poaceae*. Este año fue el de mayor número de precipitaciones durante los primeros cuatro meses del año, lo que favoreció la aparición de gran cantidad de herbáceas, especialmente de gramíneas que mostraron un PPP más reducido pero con un pico más intenso.

A continuación, en las tablas 5.1 y 5.2, se muestran dos listados de los tipos polínicos identificados arbóreos y herbáceos respectivamente, en los que se representa la época aproximada de máxima detección de polen.

Tipos arbóreos	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Fraxinus</i>	•	•	•									•
<i>Salix</i>	•	•	•									
<i>Alnus</i>	•	•										
<i>Ulmus</i>		•	•									
Cupressaceae		•	•								•	
<i>Pinus</i>		•	•									
<i>Morus</i>		•	•									
<i>Populus</i>		•	•									
<i>Platanus</i>			•									
<i>Betula</i>			•	•								
<i>Pistacia</i>			•	•								
<i>Juglans</i>				•								
<i>Quercus</i>				•	•							
Ericaceae				•	•							
<i>Olea</i>				•	•							
<i>Castanea</i>						•	•					
<i>Ligustrum</i>						•	•					
Myrtaceae						•	•					
<i>Parkinsonia</i>						•	•	•				
<i>Casuarina</i>										•	•	

Tabla 5.1. Localización aproximada de las mayores concentraciones registradas a lo largo del año de los diferentes tipos polínicos pertenecientes a taxa arbóreos.

En primer lugar se aprecia la similitud entre el número de tipos polínicos pertenecientes a taxa arbóreos (54%) y el de los taxa herbáceos, mientras que el polen registrado perteneciente a los taxa arbóreos constituyó el 69% del contenido total del periodo de estudio. Esta diferencia también se observa en la distribución de los mayores niveles polínicos ya que mientras que los máximos de polen

de los diversos taxa arbóreos se encontraron repartidos durante la mayor parte del año de un modo más homogéneo, los picos de los taxa herbáceos se concentraron en unos pocos meses (fundamentalmente de marzo a junio).

Tipos herbáceos	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Artemisia</i>	•											•
<i>Mercurialis</i>	•	•	•	•								
<i>U. membranacea</i>		•	•	•								
Palmae			•	•								
Cruciferae			•	•								
<i>Parietaria</i>			•	•	•	•						
<i>Ricinus</i>			•	•	•	•						
<i>Plantago</i>				•	•							
<i>Rumex</i>				•	•							
<i>Echium</i>				•	•	•						
Compositae				•	•	•						
Poaceae					•	•						
Chenop-Amar					•	•			•			
Cyperaceae					•	•	•					
<i>Cannabis</i>					•	•	•					
Apiaceae						•						
<i>Typha</i>						•	•					

Tabla 5.2. Localización aproximada de las mayores concentraciones registradas a lo largo del año de los diferentes tipos polínicos pertenecientes a taxa herbáceos.

En cuanto a las diferencias interanuales, los taxa arbóreos no parecieron mostrar un patrón claro y aunque casi un 50% de los tipos presentaron el mayor índice polínico en el año 2001, los demás quedaron repartidos entre el 2002 y el 2003 donde se concentran los que presentaron el PPP entre finales de la primavera y principios del verano, pudiendo estar favorecido por las lluvias de los meses previos a la floración anteriormente mencionadas (Tabla 5.3a).

En el caso de los tipos herbáceos, se observaron dos tendencias; mientras que la mayor parte de los tipos con el periodo principal de polinación en la época pre-primaveral o a comienzos de ésta presentaron el mayor índice en el año 2001, los taxa de floración típicamente primaveral o posterior tuvieron el nivel más elevado en el año 2002 (Tabla 5.3b). Parece ser que las especies arbóreas responden a la presencia de agua a más largo plazo, mientras que los tipos herbáceos presentan una dependencia más inmediata, mostrando una respuesta más rápida a las precipitaciones (Cariñanos *et al.*, 2004), de modo que las lluvias pre-estacionales y estacionales, siempre que no sean torrenciales, influyen en gran medida tanto en el desarrollo y floración de las herbáceas en el caso de que éstas tengan lugar en el mes previo, así como en la mayor duración del PPP si acontecen durante la floración. De este modo, las lluvias acaecidas durante el otoño y parte del invierno en el periodo 2000-2001, unido a unas temperaturas más cálidas, favoreció el incremento polínico de los taxa con

floración invernal o pre-primaveral, mientras que en el año 2002 esas lluvias se produjeron al comienzo de la primavera, beneficiando a las plantas con floración más tardía (Fig.5.3).

Tipos arbóreos	2000	2001	2002	2003
<i>Fraxinus</i>		•		
<i>Salix</i>			•	
<i>Alnus</i>				•
<i>Ulmus</i>	•			
Cupressaceae		•		
<i>Pinus</i>			•	
<i>Morus</i>		•		
<i>Populus</i>			•	
<i>Platanus</i>		•		
<i>Betula</i>			•	
<i>Pistacia</i>		•		
<i>Juglans</i>		•		
<i>Quercus</i>			•	
Ericaceae		•		
<i>Olea</i>				•
<i>Castanea</i>				•
<i>Ligustrum</i>				•
Myrtaceae		•		
<i>Parkinsonia</i>				•
<i>Casuarina</i>		•		

Tipos herbáceos	2000	2001	2002	2003
<i>Artemisia</i>			•	
<i>Mercurialis</i>		•		
<i>U. membranacea</i>		•		
Palmae		•		
Cruciferae		•		
<i>Parietaria</i>		•		
<i>Ricinus</i>				•
<i>Plantago</i>			•	
<i>Rumex</i>				•
<i>Echium</i>			•	
Compositae			•	
Poaceae			•	
Chenop-Amar			•	
Cyperaceae		•		
<i>Cannabis</i>			•	
Apiaceae			•	
<i>Typha</i>			•	

Tabla 5.3 a y b. Año con el mayor índice polínico anual de los diferentes taxa arbóreos (a) y herbáceos (b).

En la figura 5.4, en términos generales, se puede observar como los taxa arbóreos parecen mayormente influenciados por las lluvias otoñales e invernales, mientras que las herbáceas muestran una mayor correlación con las lluvias pre-primaverales y primaverales. Esto último no se cumple en el año 2000 presumiblemente por las tardías lluvias ya que hasta el mes de abril no se produjeron precipitaciones importantes, época en la que ya se suelen presentar los mayores índices polínicos. En el año 2002 tampoco pareció existir una concordancia entre las precipitaciones acaecidas en el otoño e invierno con el índice anual de los taxa arbóreos, ya que en principio, aunque aparece un descenso de dicho índice, cabría esperar que éste fuese aun menos elevado. Esto puede estar ocasionado por la menor dependencia de las lluvias en relación con las especies herbáceas, siendo necesario un período más largo de sequía para desencadenar un efecto más pronunciado. Además, cabe destacar que gran parte de las especies arbóreas son cultivadas y por lo tanto presentan un aporte de agua por riego.

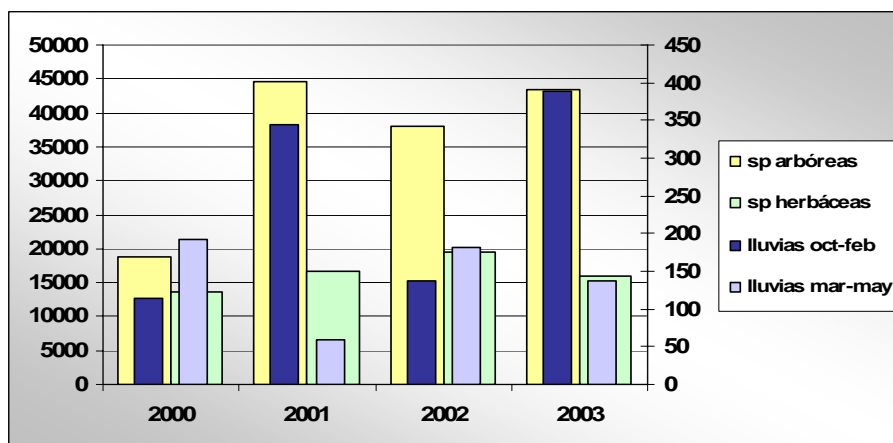


Fig.5.4. Índice polínico anual de las especies arbóreas y herbáceas y la suma de las precipitaciones (mm) comprendidas entre los periodos de octubre a febrero y de marzo a mayo.

Finalmente cabe mencionar que, aunque los datos de vientos debemos analizarlos con precaución, por término general, los valores de polen se incrementaron cuando el viento procedía del norte, es decir de zonas del interior y decrecía cuando el origen era de la mitad sur, es decir, del mar, al igual que sucede en otras zonas costeras (McDonald, 1980; Jato *et al.*, 2000). Este fenómeno no se observó en el caso del polen de *Pinus* y *Urticaceae* ya que la presencia local de ejemplares de estos taxa en los jardines situados al sur del captador enmascaró este efecto.

5.2.2. Variación intradiaria

Se estudió la variación intradiaria en los 10 tipos polínicos más destacados según su abundancia, observándose que al igual que en otros trabajos realizados (Galán *et al.*, 1991; Trigo *et al.*, 1997), la mayor parte de estos presentaron un máximo de concentración a las horas del mediodía. En estas horas del día además de producirse las temperaturas más elevadas, siendo, por otra parte, cuando la bajada de la humedad relativa propicia la dehiscencia de las anteras (Käpylä, 1984), es donde se aprecia el menor porcentaje de calmas, de modo que el viento puede tener un importante papel a la hora del transporte y refluencia del polen en la atmósfera durante esa franja horaria.

Esto no se cumple en los casos de *Olea* y *Quercus* ya que los niveles más elevados se produjeron a media noche. Además, cabe destacar el bajo IDI que mostraron los tipos anteriormente citados en el que en el mejor de los casos la diferencia más acusada entre las concentraciones mínimas y máximas no superó el 4%. Esta escasa variación en los niveles polínicos de *Olea* y *Quercus* a lo largo de las horas del día también se observó en Málaga capital y Ciudad Real (Trigo *et al.*, 1997; Recio *et al.*, 1999; De Pablos, 2001). El mayor incremento que se aprecia durante la madrugada,

como ya ha sido comentado en el capítulo anterior, pudo estar debido al transporte a larga distancia desde zonas del interior favorecido en ocasiones por el efecto brisa-contrabrisa, fenómeno que ya ha sido descrito por otros autores como responsable de parte de las variaciones polínicas en la atmósfera (Gassmann *et al.*, 2002). El polen de gramíneas, con un bajo IDI también, se distribuyó de un modo bastante homogéneo no pudiéndose establecer un periodo de mayor índice polínico a lo largo del día, excepto en los dos últimos años de muestreo en los que apareció una ligera tendencia al incremento de este tipo polínico en las horas centrales del día.

En el extremo opuesto se encuentra el polen de urticáceas ya que con un IDI que alcanzó el valor de 0,37 presentó el pico más destacado, llegando a establecerse un incremento del 20% con un comportamiento más definido y constante en todos los años de estudio y cuyo incremento empezaba a las 7.00h hasta las 17.00h conteniendo el 87% como media del polen total del día y con su máximo en torno a las 11h. Este comportamiento también se observó en otras ciudades andaluzas como Málaga (Recio, 1995), Granada (Díaz de la Guardia *et al.*, 1998) y Córdoba (Galán *et al.*, 1991) y en otras del norte como Vigo (Rodríguez- Rajo, 2000) con la diferencia de que el pico se retrasa para aparecer alrededor de las 14.00h.

Otros tipos con un IDI considerable fueron *Pinus*, *Mercurialis* y Cupressaceae que también presentaron los mayores niveles en las horas centrales del día con la máxima concentración en torno a las 12.00h. Mientras que el inicio del incremento polínico en los dos primeros tipos citados se produjo alrededor de las 8.00h, en el caso del tipo Cupressaceae este comienzo se dio con una antelación de 2 a 3 horas. Asimismo, también surgieron diferencias en la hora de descenso ya que mientras que el tipo *Pinus* redujo su presencia en la atmósfera hasta niveles mínimos a media tarde, el tipo *Mercurialis* mantuvo mayores índices hasta últimas horas de la tarde. Por el contrario el polen de cupresáceas al igual que con el ascenso, sufrió un adelanto alcanzando niveles basales en torno a las 15.00h. Aunque en Córdoba se obtuvieron comportamientos similares en los tipos *Mercurialis* y Cupressaceae, no sucedió lo mismo con la distribución de las concentraciones del polen de *Pinus*, incrementándose también a media noche. Esta diferencia puede estar debida a que la gran mayoría del polen registrado en Nerja procede de la misma especie, produciéndose un patrón muy definido que en Córdoba posiblemente no exista por la presencia de polen de diferentes especies e incluso géneros con diferente comportamiento (Galán *et al.*, 1991). Otro posible factor que influya en la distribución intradiaria registrada en Córdoba sea la mayor distancia existente desde la fuente de origen hasta el captador, dependiendo entonces de procesos de transporte a media y larga distancia.

Finalmente, los tipos *Rumex*, *Plantago* y Chenopodiaceae-Amaranthaceae mostraron unos valores de IDI intermedios y mientras que el polen *Plantago* y de Chenopodiaceae-Amaranthaceae presentaron unos picos de concentración a las 12 del mediodía al igual que en Málaga capital (Trigo *et al.*, 1997), no fue así en el caso de *Rumex* que tuvo un comportamiento irregular y poco definido, observándose sólo un máximo más claro a las 11h en el año 2000.

5.2.3. Análisis estadístico

5.2.3.1. Diferencias interanuales

Al estudiar la existencia de diferencias interanuales en el periodo de polinación principal de los taxa más relevantes se apreció una diferencia significativa en todos los tipos polínicos y especialmente acusada en los tipos *Quercus*, Cupressaceae y *Plantago* ($p < 0,001$), a excepción de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Rumex* cuyas diferencias obtenidas como resultado de la aplicación de los test estadísticos sólo pueden ser atribuibles al azar.

Cuando se analizaron con mayor detalle esas diferencias para achacarlas a periodos concretos se observó que en general, el año 2000 es el que más difirió de los dos últimos años, mostrando una mayor similitud con el año 2001 en casi la totalidad de los tipos estudiados, siendo el tipo *Quercus* la única excepción. Sin embargo, aunque cabría esperar otro resultado, el año 2001 además de no mostrar diferencias significativas con el año 2000 (que sí lo hizo con los años 2002 y 2003) tampoco presentó diferencias con los años 2002 y 2003.

Para intentar explicar este hecho, se realizó además de la comparación múltiple por parejas, la generación de subconjuntos homogéneos (Tabla 4.6), obteniendo resultados que a primera vista resultaron un poco incongruentes ya que no coincidían con los anteriormente comentados. Esto pudo estar ocasionado por varias razones. En primer lugar, las pruebas empleadas en la comparación por parejas y en la realización de subgrupos son distintas, pudiendo tener diferente potencia y grado conservador. Además, como se comentó en el apartado de material y métodos, debido a la imposibilidad de uso de otra herramienta estadística se recurrió a la prueba de Tukey que asume el supuesto de varianzas iguales, cosa que no se cumple (Sokal & Rohlf, 1986; Martín *et al.*, 1994). Así, aunque en el tipo *Olea* no aparezcan diferencias significativas entre los años 2001 y 2003, según el test de Tukey pertenecen a subgrupos diferentes. En este caso se han contrastado los datos utilizando pruebas no paramétricas para dos muestras (Kruskal-Wallis y U de Mann Whitney), y mediante otras como Welch y Brown-Forsythe cuando no se cumple el supuesto de igualdad de varianzas, hallando en todos los casos contrastes no significativos.

Por otro lado, también fue posible encontrar en diversos tipos polínicos que determinados años (especialmente los años 2001 y 2002) estaban situados en una posición un poco ambigua ya que aparecían englobados en dos grupos. Esto pudo deberse a que la propiedad transitiva no se cumple en estadística. De este modo en el tipo *Olea*, por ejemplo, hallamos contrastes no significativos en las comparaciones del año 2001 con el 2000 y el 2002, respectivamente, así que en un principio deberíamos pensar que los años 2000 y 2002 fuesen homogéneos, cosa que no ocurrió ya que el análisis resultó significativo. Esto se debe a que cuando en este caso se acepta la hipótesis nula (medias iguales), en realidad debemos afirmar que no existen evidencias de que sean distintas que es muy diferente a afirmar que hay evidencias de que son iguales.

Finalmente, con todas esas consideraciones y a modo de resumen destacaremos que en la mayor parte de los tipos polínicos (excepto en *Quercus*) parecen establecerse dos grupos, uno con los dos primeros años y significación (p) mayor y otro con los dos últimos, aunque el año 2002 sobre todo, ocupa una posición un poco a caballo entre estos dos grupos. El tipo *Quercus* fue el que pareció tener una mayor heterogeneidad interanual. Por el contrario, el tipo *Plantago*, además de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Rumex*, que no mostraron diferencias significativas entre ninguno de los años muestreados, fue el que presentó una mayor homogeneidad entre los distintos años, presentando evidencias de diferencias en la comparación de las medias de los años 2000, 2001 y 2003 solamente con el año 2002.

5.2.3.2. Análisis de correlación

Los diferentes parámetros meteorológicos tales como temperatura, horas de sol, dirección del viento y precipitaciones son uno de los mayores responsables de las variaciones interanuales de las concentraciones polínicas (Cenci & Ceschia, 2000 & Van Vliet *et al.*, 2002). Así, en este apartado se discuten las principales correlaciones obtenidas entre los parámetros meteorológicos disponibles en nuestro estudio y las concentraciones polínicas. Se hace hincapié en los resultados más generales omitiendo los aspectos individuales de los diferentes taxa que quedaron detallados en el capítulo anterior (apartado 4.2.2).

Podemos decir que la mitad de los tipos polínicos estudiados entre los que se encuentran los tipos de comienzo de floración a finales del otoño pertenecientes a Cupressaceae, Urticaceae y *Mercurialis*, además de los tipos *Rumex* y Chenopodiaceae-Amaranthaceae presentaron una mayor correlación significativa y positiva con la temperatura máxima, mientras que los demás tipos estudiados de floración más primaveral como son *Olea*, *Quercus*, *Plantago*, Poaceae y otros como *Pinus* tuvieron una correlación mayor aunque con signo negativo con la temperatura mínima.

Aunque el coeficiente de correlación máximo (en valores absolutos) obtenido entre la temperatura y las concentraciones polínicas superó el 0,7, y en el 45% de los análisis realizados se obtuvo una r de Spearman por encima de 0,40 tanto las correlaciones anuales como las que fueron resultado del conjunto de datos de los 4 años muestreados presentaron un valor absoluto medio de 0,37.

Sin embargo, al dividir el PPP de todos los tipos polínicos estudiados excepto del tipo *Pinus* en un periodo prepico y otro postpico se observó un aumento en el grado de asociación entre ambas variables, estableciéndose un incremento medio de 0,14 (periodo 2000-2003). Mientras que el prepico presentó una correlación mayor y con signo positivo con la temperatura máxima, el periodo postpico lo hizo con la temperatura mínima y además con signo negativo.

Para la inducción de la floración en muchas especies es necesario un proceso de vernalización (acción de determinadas temperaturas) como una etapa de bajas temperaturas especialmente en las plantas con floración primaveral (Putterill *et al.*, 2004) al igual que un determinado fotoperiodo (duración relativa del día y la noche), necesitando generalmente un periodo de frío seguido de una duración crítica del día (Strasburger *et al.*, 2004) que junto al acúmulo de un determinado índice de temperatura citado por varios autores (Summerfield *et al.*, 1997; Sparks *et al.*, 2000), sean los desencadenantes de la finalización del desarrollo de las yemas florales y apertura floral para posteriormente, el incremento de la temperatura intradiaria junto a la disminución de la humedad relativa favorecer la dehiscencia de las anteras (Jones & Harrison, 2004) liberando el polen a la atmósfera.

Teniendo en cuenta lo anterior, en principio cabría esperar una correlación positiva con la temperatura que como hemos apreciado en los resultados obtenidos no sucede así. Sin embargo, el signo negativo mencionado anteriormente aparece porque tras el pico de concentración preprimaveral o primaveral en gran parte de los taxa, a pesar del constante incremento de temperatura que todavía se experimenta, entra en juego la fisiología de la planta, originándose el agotamiento de las flores independientemente de la temperatura. Como describen algunos autores (Putterill *et al.*, 2004) no existe una relación lineal positiva con el aumento de la temperatura ya que de otro modo en nuestro clima cálido habría una floración permanente durante gran parte del año. Así, a pesar del constante incremento de la temperatura en la época estival se produce una disminución de los niveles polínicos por finalización de la época de floración. Una excepción se pudo observar en el caso de Chenopodiaceae-Amaranthaceae ya que la correlación existente durante el postpico con la temperatura fue positiva. Esto pudo deberse al largo PPP que presenta este tipo polínico, que se prolongó hasta el otoño junto a la tardía aparición del pico máximo de concentración lo que hizo coincidir el periodo postpico de decrecimiento de los índices de polen con el descenso de las temperaturas típico de esa época.

Si nos centramos en las correlaciones establecidas con las precipitaciones, éstas fueron negativas en la mayor parte de los tipos polínicos y con un coeficiente medio teniendo en cuenta el conjunto de los datos 2000-2003 de 0,18. En algunos tipos las correlaciones presentaron un valor muy bajo o incluso resultaron no significativas. Este fenómeno se observó en taxa como *Olea* y Chenopodiaceae-Amaranthaceae de floración más tardía donde el número de días con lluvia es ya muy escaso y por lo tanto no es posible el establecimiento de una correlación significativa. Para el tipo *Plantago*, esa correlación llegó a presentar incluso signo positivo ya que la ausencia de lluvias coincidió con el periodo de las colas y las escasas lluvias acaecidas casi sin relevancia que tuvieron lugar en la época de máxima concentración no lograron apenas alterar los valores de polen obtenidos.

Finalmente, se abordó un estudio con la dirección del viento. En primer lugar mencionar que el método empleado para este análisis no fue el más adecuado ya que la elección de datos fue sesgada y estuvo determinada en función de la existencia de valores de viento y del predominio de una

determinada dirección en las diferentes horas analizadas, como quedó patente en las rosas de viento realizadas en el apartado de resultados climáticos (Fig.4.10), que hizo que en muchas ocasiones no hubiese datos suficientes para cubrir todo el rango de direcciones a estudiar. Además cabe mencionar que estos valores de direcciones del viento, sólo representaban un estado puntual del día que puede no ser demasiado representativo del total diario, pero si bien no serviría para un estudio en profundidad, si puede ser utilizado como un indicativo general de la tendencia del comportamiento del régimen de vientos y su asociación con los niveles de polen existentes en la atmósfera.

A pesar del bajo índice de significación alcanzado se apreció una tendencia general al incremento de las concentraciones polínicas cuando el viento provenía del 1^{er} y 4^o cuadrante, es decir de la mitad norte, lo que puede tener una gran influencia en el transporte de polen desde zonas del interior, y una correlación negativa con los vientos del sur, procedentes del mar, desde donde el aporte polínico es prácticamente nulo.

En el tipo *Pinus* se observó un comportamiento ligeramente ambiguo ya que cuando el viento provenía del sur también se obtenían correlaciones positivas. Esto puede ser explicado por la localización del captador ya que se encontraba rodeado de pinos de modo que independientemente de la dirección que tomase el viento traía consigo polen de este taxon arbóreo. Con el polen de urticáceas también se obtuvo una correlación con signo opuesto (positivo con el viento del 1^{er} - 2^o cuadrante y negativa con el del 3^{er} - 4^o cuadrante) posiblemente ocasionado por la presencia de estas herbáceas en los jardines y pequeños huertos cercanos al captador, situados al sur, así como a la escasez de datos analizados y la heterogeneidad intradiaria mostrada por este tipo polínico, con una mayor concentración a las 13 horas, lo que imposibilitó la reunificación de los valores procedentes de las 4 mediciones puntuales a lo largo del día, disminuyendo más aún el número de datos disponibles para este análisis.

5.2.3.3. Análisis de regresión

Con el objetivo de analizar la dependencia de los niveles polínicos frente a las variables meteorológicas, así como con la concentración de los días precedentes y la D-media, para finalmente la obtención de modelos que pudiesen ser empleados como predictivos, se realizaron análisis de regresión en los tipos polínicos más importantes.

En primer lugar, cabe destacar la gran diferencia existente en el porcentaje explicado por las diversas variables predictoras tenidas en cuenta. Así, mientras que el mayor porcentaje obtenido con el empleo de la temperatura como variable independiente llegó en el mejor de los casos al 20,8 % en el tipo Urticaceae, con la utilización de las concentraciones del día precedente dicho porcentaje ascendió hasta el 61% en el tipo *Pinus*, siendo superado incluso por la D-media en las gramíneas

donde el porcentaje explicado alcanzó el 80%, mientras que con la temperatura no se lograron modelos significativos.

Por término medio, si nos basamos en los coeficientes obtenidos teniendo en cuenta el periodo completo 2000-2003 observamos que, mientras que con la temperatura sus valores oscilaron entre 0,02 y 0,11, tanto con la concentración precedente como con la D-media se registraron valores similares comprendidos entre 0,2 y 0,5, aunque alcanzando los valores más elevados con la D-media en todos los tipos excepto en *Pinus* y *Quercus* donde se lograron los mejores índices de R^2 con la concentración del día precedente. Así, el porcentaje medio explicado por estas variables fue del 5,6% en el caso de la temperatura y del 35 y 39% al utilizar la concentración del día precedente y la D-media, respectivamente.

Al igual que ocurriera con las correlaciones, si nos centramos en la variable temperatura, se observó que en la mayoría de los años, los taxa cuyo PPP dio comienzo a finales de año presentaron un mayor coeficiente de regresión con la temperatura máxima. En los restantes tipos sin embargo, el mayor coeficiente de regresión obtenido entre los parámetros meteorológicos se logró con la utilización de la temperatura mínima como variable independiente, excepto para los tipos Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Rumex* en los que al igual que con los taxa anteriormente mencionados, el mayor coeficiente se consiguió con la temperatura máxima además de con la temperatura media, aunque ésta última en menor medida.

Haciendo referencia a las concentraciones de los días precedentes, cabe mencionar que tras los análisis de los autocorrelogramas realizados se comprobó que en casi la totalidad de los análisis se consiguió una mejor autocorrelación con el día anterior, resultando la mejor variable predictora de entre todas las concentraciones precedentes estudiadas.

Tanto el tipo Cupressaceae como los demás de este grupo (*Mercurialis* y Urticaceae) presentaron un R^2 con la temperatura más elevado en el periodo 00-01, mientras que tanto con la concentración del día anterior como con la D-media este valor máximo sólo se apreció en el periodo 00-01 en el caso de *Mercurialis* ya que en los demás existió una mayor variabilidad. Asimismo, para los restantes tipos polínicos tampoco fue posible el establecimiento de un patrón de comportamiento estable para los diferentes años de muestreo, no siendo constante ni en función de las diferentes variables ni dentro de los diversos tipos polínicos.

Al introducir las diversas variables independientes en un mismo modelo se apreció que para todos los tipos polínicos se obtuvieron modelos de regresión múltiples que mejoraron los modelos de regresión simple, excepto para el tipo Poaceae, llegando el modelo con una sola variable a superar el porcentaje explicado en más de un 50% en muchas ocasiones. Las variables más comúnmente introducidas en los modelos de regresión múltiple por pasos fueron la concentración del día anterior empleada en el 100% de los casos estudiados, la D-media con una presencia de 9 sobre 10 y finalmente la temperatura máxima, incluida en el 70% de los modelos. Estas variables fueron

seguidas por las precipitaciones que sólo aparecieron en dos de los tipos polínicos en tercer lugar en la ecuación y por la temperatura mínima y media con una sola presencia y en cuarto lugar. Dentro de las variables más usuales tanto la D-media como la concentración del día anterior se registraron siempre en las dos primeras posiciones, apareciendo en primer lugar en el 60% y en el 40% de los casos, respectivamente. La temperatura máxima tuvo un papel menos relevante ocupando en todas las ecuaciones el tercer lugar. En la mayoría de los casos, la introducción de varias variables a la ecuación produjo un aumento de los índices de R^2 , si bien al dividir el periodo PPP en prepico y postpico se consiguieron modelos que incrementaron aun en mayor medida el porcentaje de variabilidad explicada de la concentración de polen. Esto se observó en los modelos obtenidos en los tipos Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Poaceae, y Urticaceae entre otros.

La tendencia del uso de un alto número de variables para intentar obtener un valor de R^2 lo más elevado posible hace que en muchas ocasiones se recurra a la introducción de parámetros en nuestros modelos que son de difícil obtención a priori, de modo que debemos ser cautelosos a la hora de la elección de las variables a incluir. En nuestro caso, destacar que a pesar de los considerables porcentajes de varianza explicados por las diversas variables introducidas obtenidos en algunos tipos polínicos, no se han conseguido modelos con una R^2 más o menos constante, siendo muy variables para un mismo tipo polínico en los diferentes años, por lo que deberían ser tenidos en cuenta en futuros estudios otros modelos no lineales o aproximaciones estadísticas para la mejora de los modelos de pronóstico.

5.2.4. Tipos más relevantes desde el punto de vista alérgico

Finalmente, destacar que los principales alérgenos polínicos potencialmente susceptibles de provocar una prevalencia a tener en cuenta entre la población de Nerja son los tipos *Olea*, *Parietaria*, Poaceae y Cupressaceae, tanto por las elevadas concentraciones que se registran como por su capacidad alérgica, siendo los tres primeros tipos los más relevantes según estudios clínicos realizados en la capital malagueña (Torrecillas *et al.*, 1998). Además, García (1994) afirma en un estudio realizado en la provincia de Málaga, que el índice de sensibilizaciones al polen de parietaria es mayor en zonas rurales, entorno que se corresponde al existente de nuestra zona de muestreo.

Los tipos *Quercus* y *Pinus*, a pesar de su frecuencia en la atmósfera de Nerja, especialmente el polen de *Pinus*, y de haber sido descritos como causantes de reacciones alérgicas, su incidencia en la población es escasa debido a su baja capacidad alérgica, de modo que su importancia debemos considerarla relativa. Si bien, aunque la capacidad del polen de *Pinus* para desencadenar procesos alérgicos importantes pueda verse reducida a un nivel más local, quedando restringido principalmente a las inmediaciones de la Cueva de Nerja y a las zonas de repoblación cercanas, como apuntan otros

autores (Freeman, 1993; Jato *et al.*, 2000) para otras zonas de muestreo de alta incidencia de este tipo polínico, debería ser tomado en consideración e incluirse en las pruebas cutáneas, especialmente entre la población y los visitantes que mostrasen sintomatología alérgica en los meses de febrero y marzo.

Entre los demás tipos polínicos que alcanzaron niveles inferiores, destacar el polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae y *Plantago* ya que a pesar de que suelen ser tipos que no constituyen un porcentaje del índice polínico total anual muy elevado, producen un alto número de sensibilizaciones entre la población, especialmente el tipo Chenopodiaceae, obteniéndose en Málaga un 20% de resultados positivos en pruebas cutáneas entre pacientes con polinosis (Torrecillas *et al.*, 1998).

5.3. DATOS ESPORALES

En primer lugar y tras una búsqueda exhaustiva de bibliografía cabe destacar la escasez de trabajos que abordan el estudio de las partículas biológicas aerovagantes presentes en el interior de cavidades naturales con una metodología similar. Se han realizado un gran número de estudios de ambientes interiores en España y a lo largo de todo el mundo en diversos edificios tales como hospitales (Rainer *et al.*, 2000), hogares (Kuo & Li, 1994; Portnoy *et al.*, 2001), oficinas (Law *et al.*, 2001; Baxter *et al.*, 2005), colegios (Scheff *et al.*, 2000; Meklin *et al.*, 2003), fábricas (Chandra & Chanda, 2000), granjas (Chakraborty *et al.*, 1996a), establos (Adhikari *et al.*, 2004), mercados (Chakraborty *et al.*, 2000), museos (Camuffo *et al.*, 1999), bodegas (Simeray *et al.*, 2000), iglesias (Aira *et al.*, 2007), etc. Sin embargo, la mayoría de los estudios emplean un método de muestreo viable basado en el recuento de unidades formadoras de colonias y generalmente durante un periodo corto de tiempo por lo que no se ha dispuesto de trabajos similares con los que poder establecer comparaciones.

5.3.1. Comportamiento estacional

Un aspecto que caracteriza a las esporas de hongos es su elevada frecuencia tanto en ambientes interiores como en exteriores. Alrededor de 100.000 especies han sido identificadas hasta el momento (Curtis *et al.* 2004), aunque la lista de especies se incrementa cada año, estimando que el número total pueda ascender al millón y medio (Hawksworth, 2001). Durante este estudio realizado en el interior de la Cueva de Nerja se identificaron un total de 72 tipos esporales, con un índice de esporas total para el periodo estudiado de 3.424.131, del que un 8% aproximadamente correspondió a esporas que no pudieron ser identificadas.

La mayoría de los tipos están incluidos en dos grandes grupos del Reino Fungi como son Ascomycota y Basidiomycota con 18 y 16 tipos reconocidos, respectivamente y un tercer grupo y más numeroso, con el doble de tipos que los 2 anteriores, y que por no conocerse su ciclo de reproducción sexual quedan englobados en el grupo de los denominados “hongos imperfectos”. Si analizamos los resultados obtenidos en otros estudios de interiores se observa que aunque el número de tipos identificados puede diferir, se mantiene esta mayor representación de los hongos imperfectos (Emberlin *et al.*, 1995; Chakraborty *et al.*, 2000). Así, a pesar del bajo número de estudios hallados en cuevas, no habiendo encontrado ninguno de tiempo de muestreo y metodología comparables al trabajo abordado en esta tesis, Koilraj *et al.* (1999) en un estudio publicado sobre varias cuevas de la India describió un total de 42 especies de las cuales, la gran mayoría eran hongos imperfectos y los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* los más abundantes. Aunque se discutirá más adelante, esto coincide con los resultados obtenidos en la Cueva de Nerja ya que también se identificó al tipo

aspergiláceas como el más abundante con un porcentaje de aproximadamente la mitad del índice de esporas anual como media.

En otros estudios, por otro lado más abundantes, realizados en la atmósfera exterior también se identificaron por término medio un mayor número de hongos imperfectos, siendo 64 los tipos contabilizados en la atmósfera de Sevilla (Morales, 2004) y 43 en la Sierra de Hornachuelos, Córdoba (Bustos, 2006) de un total de 113 y 77, respectivamente. Además, en ambos emplazamientos el grupo de los hongos imperfectos fue seguido por el de los Ascomycota y Basidiomycota al igual que ocurre en nuestro caso. Trabajos realizados en otros países como la India (Kakde *et al.*, 2001), Chile (Ibáñez *et al.*, 2001) o Australia (Mitakakis & Guest, 2001) también registraron un mayor porcentaje de hongos imperfectos entre los tipos identificados.

En cuanto al índice de esporas anual cabe destacar que el grupo de los hongos imperfectos fue de nuevo el que consiguió un mayor porcentaje en relación con el total ya que en los 3 primeros años representó una media del 70% del índice anual. Sin embargo, Ascomycota, a pesar del mayor número de tipos identificados, contribuyó en menor medida que Basidiomycota al índice esporal anual, calculándose porcentajes medios del 2 y 21%, respectivamente. Esta tendencia aunque con proporciones ligeramente diferentes también se observó en otras ciudades como Sevilla (Morales, 2004), Madrid (Díez *et al.*, 2006) y Cartagena (Elvira, 2001) o en entornos naturales de Córdoba (Bustos, 2006). El porcentaje de hongos imperfectos registrado en el año 2005 sufrió un descenso en beneficio de los basidiomicetos, situándose en el 56%, aunque más que el descenso del número de esporas en este grupo, este cambio estuvo producido por el aumento del índice de esporas del grupo de los basidiomicetos y más concretamente del tipo *Agaricus* del que ya se ha realizado un comentario detallado en el capítulo anterior. Los mixomicetos y oomicetos supusieron una mínima proporción del índice total anual con un máximo de 0,15 y 0,04%, respectivamente.

Mientras que en los aspectos anteriormente mencionados ha existido una coincidencia con otros autores, en relación a la distribución estacional surgen ciertas diferencias. Así, mientras que las curvas de distribución estacional de las esporas totales en diversas ciudades españolas como Madrid (Díez *et al.*, 2006), Sevilla (Morales, 2004) y Cartagena (Elvira, 2001) presenta un comportamiento biestacional con la presencia de dos picos, uno en otoño y otro en primavera, no sucede así en el interior de la Cueva de Nerja donde se aprecian tres picos, el más elevado en verano. Sin embargo, si dividimos el total de esporas en grupos taxonómicos, se observa que el patrón biestacional es seguido por la mayoría de basidiomicetos y ascomicetos, excepto en el caso de los hongos imperfectos que muestran un gran incremento de las concentraciones de esporas en los meses de junio, julio y agosto (Fig.5.5). Así, en el interior de la cueva existen dos grupos con comportamientos opuestos; mientras que los hongos imperfectos presentan las mayores concentraciones en la época estival, el resto de los grupos (Ascomycota, Basidiomycota, Mixomycota y Oomycota) tuvieron su mínimo en ese periodo coincidiendo con los resultados de otros lugares, especialmente en los que se alcanzan temperaturas elevadas y con ausencia de lluvias, que pueden dificultar el desarrollo de muchos hongos, tales como

Cartagena (Elvira, 2001) y Arabia Saudita (Al-Suwaine *et al.*, 1999), mostrando los mayores índices durante el otoño y primavera (época de lluvias).

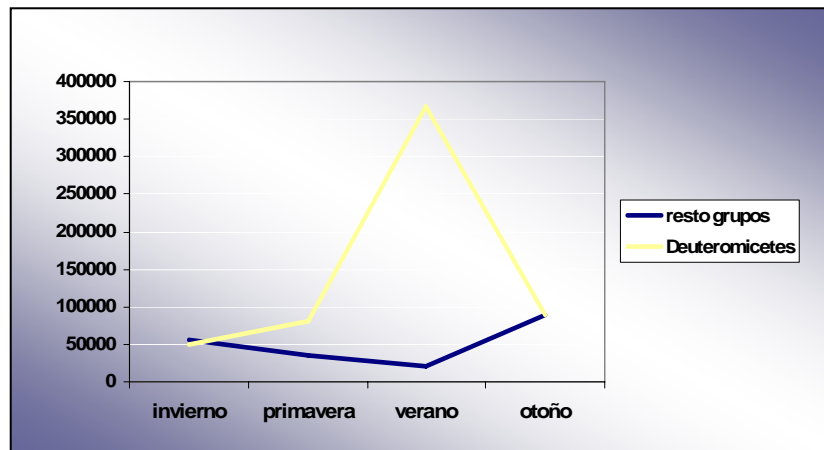


Fig.5.5. Distribución de los índices de esporas estacionales medias de los años 2002-2005 para el grupo de los hongos imperfectos y la suma de los restantes (Ascomycota, Basidiomycota, Myxomycota y Oomycota).

Los índices mensuales variaron de unos años a otros, aunque se observó que mientras que los tipos pertenecientes a Basidiomycota presentaron los máximos correspondientes a cada mes en el año 2005, tanto los hongos imperfectos como los ascomicetos mostraron un patrón más similar con un mayor número de máximos en el año 2002. Esto puede ser explicado porque los tipos se incluyen en el grupo de los hongos imperfectos debido al desconocimiento de su fase sexual, aunque se sabe que la mayoría pertenecen al grupo de los Ascomycota, de ahí que el comportamiento se asemeje más a éste último que al de los basidiomicetos.

A lo largo de todo el periodo de estudio se contabilizaron un total de 3.424.131 esporas, lo que resultó un valor medio anual de 856.033. Esto supone una concentración de 2.345 esporas/m³ como media diaria, aunque realmente a lo largo del año los niveles esporales no se repartieron de modo uniforme existiendo diferencias considerables. Así, los valores registrados durante todo el periodo de estudio oscilaron entre las 7 esporas/m³ como mínimo (25 de agosto de 2004) y las 282.195 esporas/m³ como valor máximo (29 de julio de 2003), si bien el 60% de los días del año superaron las 1.000 esporas/m³ de media diaria. En Madrid (Díez *et al.*, 2006) se registraron valores inferiores, con un índice anual del año 2003 5 veces menor, mientras que en Sevilla (Morales, 2004), éstos fueron algo superiores. Sin embargo, los niveles registrados por Bustos (2006) en un entorno natural de la sierra de Hornachuelos (Córdoba) son comparables a los detectados en Nerja.

Como se observó en la figura 4.163, y volviendo a incidir en lo que se ha comentado anteriormente, la distribución de la concentraciones diarias de esporas a lo largo del año difiere de las encontradas en otros lugares de climatología similar, y a pesar de tener clima mediterráneo, el patrón

mostró mayor semejanza con el encontrado en ciudades con un clima continental más frío como Palencia u otras ciudades del norte de Europa (Herrero *et al.*, 1996; Spieksma, 1995), en las que aparece un gran pico durante la época estival y sólo unos pequeños incrementos en relación con el anterior durante la primavera y el otoño. Sin embargo, al fijarnos con mayor detenimiento en el principal aporte de esas concentraciones, vemos que a pesar del número tan elevado de esporas más del 91% de los tipos identificados no superaron el 1% del índice anual, perteneciendo la mayor parte a un sólo tipo, especialmente en los meses de julio y agosto donde sólo se detectaron 32 como máximo de los 70 tipos identificados. Este tipo es el correspondiente a las aspergiláceas, que constituyen el 50% como media del contenido esporal anual y que es seguido por el tipo *Cladosporium* con el 17%.

Otro factor a tener en cuenta es la similitud encontrada en la bibliografía en relación al comportamiento de dos de los tipos más abundantes. Así, mientras que en estudios de ambientes exteriores el tipo esporal más abundante es *Cladosporium*, constituyendo en numerosas ciudades europeas del 40 al 80% del contenido de esporas totales en el aire (Spieksma, 1995), en ambientes interiores este primer lugar es ocupado por el tipo aspergiláceas tal y como ocurre en el interior de la cueva. Esto se ha observado en análisis de ambientes interiores tales como fábricas, mercados y hospitales en la India (Chakraborty *et al.*, 2000; Chandra & Chanda, 2000), diversos edificios en Kansas (Portnoy *et al.*, 2001), así como en estudios comparativos de ambientes interiores y exteriores de Londres (Emberlin *et al.*, 1995) y Córdoba (Infante *et al.*, 1992), entre otros.

Dada la clara dominancia de un sólo tipo esporal en función del número de esporas, cabría preguntarnos si el comportamiento que anteriormente expusimos como general, es en realidad el comportamiento de uno o pocos tipos dominantes. Para esto se eliminaron del total de esporas las correspondientes al tipo aspergiláceas dando como resultado un comportamiento totalmente diferente donde los picos predominantes son los que aparecen en primavera y otoño, reduciéndose en gran medida los niveles encontrados en verano. Este patrón sí es el encontrado en otras muchas ciudades comentadas anteriormente. El peculiar comportamiento del tipo aspergiláceas ya ha sido ampliamente tratado en el capítulo anterior donde se estableció la acción antrópica como la causante de esos fuertes incrementos de esporas en el interior de la cueva durante la época estival, ya que el escenario de madera destinado a la celebración de un Festival de música y danza, unido a la elevada humedad durante esa época del año, favorece el desarrollo de estos hongos.

Además de las aspergiláceas, si nos centramos en su abundancia, los restantes tipos ordenados por orden decreciente fueron *Cladosporium*, *Agaricus*, *Boletus*, *Ustilago* y *Didymella*. La distribución de estos tipos es similar teniendo una mayor presencia en la atmósfera de la cueva durante la época primaveral y otoñal. En todos ellos existieron diferencias entre unos años y otros y, aunque sin mostrar un patrón claro, parece que el año 2005 fue el que, en términos generales, se diferenció más del resto. Tras este estudio ininterrumpido durante un largo periodo de tiempo también es posible observar, al igual que en otros trabajos que comprendan varios años, la irregularidad existente tanto en el índice anual como en la distribución estacional de las esporas de un año a otro. Este fenómeno

conlleva una gran dificultad a la hora de tratar de encontrar modelos de pronóstico o que expliquen esas fluctuaciones. Los hongos y su ciclo reproductivo es mucho más dependiente del agua para el desarrollo que la mayoría de las plantas, así como de la presencia de un determinado sustrato o huésped y otros parámetros como la lluvia para la liberación de las esporas, la humedad relativa, el viento y fenómenos de turbulencia para la dispersión de dichas esporas, e incluso cambios en las cargas electroestáticas sobre la superficie de los sustratos (Allitt, 2000). Por eso, dado la dificultad de conocer de antemano esos parámetros más importantes incluso que las variables más comúnmente utilizadas en el estudio del polen, la predicción de las concentraciones de gran parte de los tipos esporales se hace sumamente compleja produciéndose grandes cambios no sólo en días o en horas sino en minutos e incluso segundos. Esto queda patente en un trabajo realizado por Allitt (2000) sobre las esporas fúngicas detectadas en el aire durante el desarrollo de una tormenta.

Unos tipos frecuentemente encontrados en zonas exteriores como es el caso de *Alternaria* y *Botrytis*, éste último especialmente abundante en áreas rurales con cultivos ya que es un patógeno vegetal al igual que *Oidium* y *Plasmopara* (Reineria *et al.*, 1998), no presentaron índices importantes suponiendo tan sólo el 0,13% del índice total de esporas en el caso de *Alternaria*, mientras que los restantes tipos no llegaron a alcanzar el 0,1%. Esta menor presencia de diversos tipos esporales como *Alternaria* o *Leptosphaeria* en ambientes interiores ya ha sido descrito por Emberlin *et al.* (1995) en un estudio realizado en hogares londinenses. Así, la media de los índices esporales de *Alternaria* para esos mismos años en el exterior de la cueva superó en casi 10 veces su valor al índice medio del interior. Sin embargo, el tipo *Leptosphaeria* aunque no se realizaron estudios comparativos con el exterior, donde posiblemente cabe esperar concentraciones mayores, alcanzó niveles bastante elevados siendo comparables a los encontrados en la isla de Creta en la que este género constituye el ascomiceto más abundante (Gonianakis *et al.*, 2005).

El tipo *Alternaria* se incluye en numerosos estudios debido a su importancia en el sector de la agricultura, por su patogenicidad en diversos cultivos como la patata (Iglesias *et al.*, 2007), así como por su relevancia clínica ya que está considerado como uno de los principales alérgenos fúngicos (Resano *et al.*, 1998), aunque dada su escasa concentración en el aire del interior de la cueva no creemos que pueda ser un agente causante de alergias para los visitantes y trabajadores del lugar.

5.3.2. Variación intradiaria

En este análisis se optó por la utilización de dos metodologías ya que la presencia puntual de elevadas concentraciones fruto de la confluencia de diversos parámetros climáticos difícilmente reproducibles o simplemente derivada de la actividad humana y que no representan el comportamiento general puede distorsionar el resultado final. La existencia de nubes de esporas, que se detectan durante un corto espacio de tiempo y que no se prolonga más allá de unas pocas horas, ya

ha sido descrito por Burch & Levetin (2002) en Oklahoma. En nuestro caso las diferencias halladas entre las dos metodologías se acentuaron en el tipo *Ustilago*, como se ha comentado en el capítulo anterior, en el que grandes subidas puntuales de esporas se produjeron varias veces a lo largo del año enmascarando el comportamiento del grueso de los días. De modo que, especialmente en el caso de las esporas, con patrón más irregular e impredecible que los granos de polen, sería aconsejable el cálculo de la variación intradiaria mediante la suma de porcentajes horarios de cada uno de los días, logrando que todos los días tengan el mismo peso en la fórmula aplicada y evitando así el problema anteriormente expuesto.

En cuanto a los resultados obtenidos, en primer lugar poner de manifiesto la existencia de varios patrones. La distribución intradiaria de las basidiosporas y ascosporas analizadas mostraron una reducción de los niveles esporales en las horas centrales del día. Sin embargo, el tipo *Cladosporium* y *Ustilago* presentaron un comportamiento opuesto, con un ligero aumento de las concentraciones durante las horas de máxima radiación solar. Esto coincide con lo observado en otros estudios (Hirst, 1953; Burge, 1986; Troutt & Levetin, 2001; Burch & Levetin, 2002). Estos últimos tipos se agrupan dentro de las esporas denominadas de aire seco que suelen tener una mayor presencia en la atmósfera durante las horas de menor humedad relativa, es decir, durante las horas centrales del día, mientras que el incremento de la humedad durante la noche favorece la liberación de ascosporas y basidiosporas. Finalmente, las aspergílaceas mostraron un comportamiento en el que aparece un gran pico entre las 12 y las 14h explicado por la hora en la que se desmontaban los escenarios.

Por otro lado, a pesar del descenso generalizado de la mayor parte de las esporas durante las horas de mayor grado de insolación, la corriente de aire que entra del exterior al interior de la cueva se ve alterada por la apertura y cierre de ésta a los visitantes, así como por el tránsito de los mismos lo que provoca un aumento de partículas en suspensión. Esto queda patente en las marcas de polvo que pueden observarse en las preparaciones a modo de bandas a las diferentes horas del día, coincidiendo una mayor suciedad a las horas de apertura que generalmente se corresponden con la franja horaria de entre las 10 y las 14h y entre las 16 y las 18 ó 20h dependiendo de la época del año de la que se trate (Fig.5.6). Este fenómeno también ha sido estudiado en diversos museos europeos detectándose un incremento de partículas durante las horas de apertura al público (Camuffo *et al.*, 2001).

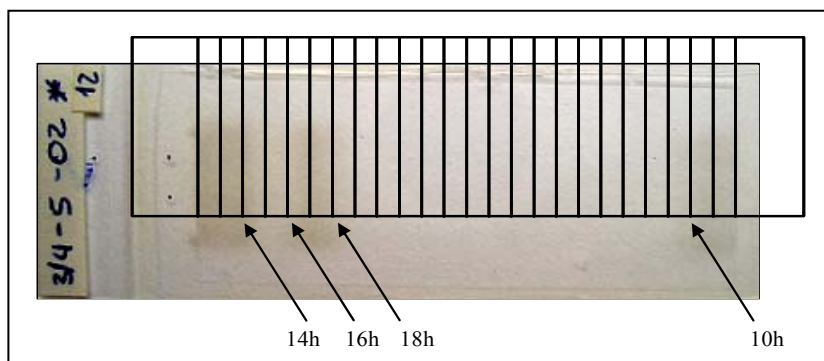


Fig.5.6. Presencia de partículas de origen no biológico en las diferentes horas del día.

En principio podría parecer algo contradictorio que el comportamiento intradiario de las esporas en nuestro punto de muestreo se asemeje más al encontrado en exteriores que al de ambientes interiores, ya que en nuestro caso sí se observa también un incremento en la presencia de partículas no biológicas en el aire durante las horas en las que la cueva permanece abierta al público pero que sin embargo, se corresponde con una disminución en la concentración de esporas. Esto puede darnos una pequeña evidencia del posible origen de la mayor parte de las esporas detectadas en el interior de la Cueva de Nerja, aunque este tema se tratará con mayor detenimiento más adelante.

5.3.3. Análisis de correlación con la humedad relativa del interior de la cueva

De los parámetros ambientales disponibles y con cierta variabilidad estacional se correlacionó la humedad relativa con la concentración de los tipos más relevantes. Tal y como se ha descrito en el capítulo 1, la humedad relativa de la cueva se incrementa en los meses de verano reduciéndose en los restantes periodos. Atendiendo a este comportamiento se observó una asociación significativa y negativa con las esporas de los tipos *Agaricus*, *Boletus* y *Didymella*, mientras que con las aspergílaceas se obtuvo el efecto contrario, es decir, una correlación significativa pero con signo positivo. Teniendo en cuenta la propia biología de los hongos con estacionalidad marcada de determinados tipos esporales, concretamente de los basidiomicetos, debemos ser cautelosos a la hora de interpretar los resultados ya que parece que esta correlación a pesar de su significación podría ser en gran medida azarosa, debido a que en la época estival, por las características geológicas de la cueva, se incrementa la humedad relativa mientras que el crecimiento de hongos disminuye. Del mismo modo, el gran incremento de las aspergílaceas, a pesar de que el aumento de humedad en principio favorece el desarrollo de los hongos y su esporulación, tiene un origen antropogénico.

Las concentraciones medias diarias del tipo *Cladosporium* también presentaron una asociación negativa, aunque escasamente significativa, con la humedad relativa. Este mismo patrón de disminución de esporas durante la época estival se presenta en otros trabajos anteriormente comentados de la atmósfera exterior de regiones cálidas y de veranos secos, donde la humedad relativa es muy baja como Córdoba, Málaga, Granada o Cartagena (Infante *et al.*, 1999; Recio *et al.*, 2002a; Sabariego *et al.*, 2000; Elvira, 2001), por lo que podemos aplicar el mismo razonamiento que en los tipos anteriores para justificar los resultados obtenidos.

Finalmente y a modo de resumen, tras un primer análisis podemos decir que en vista de los resultados, y teniendo en cuenta el hecho de que, aunque la humedad relativa oscile en el interior de la cueva, los niveles son siempre elevados, más que el favorecer el desarrollo y esporulación de los hongos, la humedad relativa afecta a la flotabilidad y mantenimiento de las esporas en el aire, especialmente las de mayor tamaño. Muchas esporas tienen cierto grado de higroscopicidad de modo que con la humedad tan elevada existente en la cueva, tienden a acumular agua con lo que se produce

un incremento en el diámetro de éstas favoreciéndose la deposición (Pasanen *et al.*, 1991; Reponen *et al.*, 1996; Reponen *et al.*, 2001). El desarrollo de muchas esporas se ve beneficiado por el incremento de la humedad además de ser necesaria para activar el mecanismo de liberación de dichas esporas. Pero una vez liberadas, la humedad también constituye un factor negativo ya que dificulta su permanencia en el aire. Calderón *et al.* (1997) observó este fenómeno en los tipos *Cladosporium* y *Alternaria* viendo una correlación positiva entre la concentración de esporas y la humedad relativa del día anterior pero negativa con la del mismo día del muestreo.

Sin embargo, como se ha comentado previamente, la importancia relativa de este parámetro sobre la concentración de las esporas debe ser cuidadosamente analizada, especialmente en el caso de los ascomicetos y basidiomicetos, ya que posiblemente no exista una asociación tan fuerte sobre los niveles esporales como en principio se deduce de los resultados obtenidos en las correlaciones establecidas.

5.3.4. Estudios comparativos

Aunque en apartados anteriores ya se han dado pequeñas pinceladas sobre la posible procedencia estas esporas, en este apartado, además de la comparación con un segundo captador situado en la zona más interna de la cueva con el objetivo del estudio de la homogeneidad del contenido esporal del aire en el total de la cavidad, discutiremos con más detalle el origen de las esporas, aportando más datos que clarifiquen en mayor medida esta cuestión.

En primer lugar, las cuevas están consideradas, por término general, como ambientes extremos para el desarrollo de la vida, y aunque algunos organismos incluidos algunos hongos son capaces de sobrevivir en rocas mediante la oxidación y reducción de algunos minerales como el hierro o el manganeso (Burford *et al.*, 2003), muchos lo hacen en simbiosis con algas o cianobacterias, y debido a la ausencia de luz que impide su colonización por plantas y otros organismos fotosintéticos que, en definitiva, son los productores primarios de materia orgánica, hace muy limitada la fuente de recursos y por lo tanto la capacidad de colonización de este ambiente. Esta falta de materia orgánica viene acompañada, sin embargo, por unas condiciones físicas tales como temperaturas suaves y bastante estables a lo largo del año (Northup & Lavoie, 2001).

En principio no se ha realizado un estudio climático en profundidad con los parámetros externos de los años 2004 y 2005 ya que éstos no tendrían que interactuar con las esporas del interior de la cueva, que sí lo harían con las del exterior mostrando un patrón distinto. Además, como se ha comentado en el capítulo 1 en los que se detallan las características físicas de la cueva, los diversos parámetros de temperatura y humedad en el interior permanecen más o menos constantes, de modo que tampoco cabría esperar grandes cambios interanuales debido a factores ambientales, algo que por

otro lado no sucede ya que como se ha discutido con anterioridad en numerosos tipos aparece una marcada estacionalidad.

En segundo lugar, ya hemos visto cómo los patrones de distribución estacional e intradiario de las esporas en ambientes exteriores, muestran un comportamiento similar al de las esporas halladas en nuestro estudio.

Así que podemos decir que esta mayor afinidad encontrada con el comportamiento de las esporas en ambientes exteriores, unido a la falta de materia orgánica en el interior y al hecho de la no visualización de micelios o carpóforos de hongos dentro de la cavidad, ni de la detección de colonias mediante toma de muestras sobre sustratos en diversos puntos de la cueva, hace que nos cuestionemos que la propia cueva sea la fuente de origen de las esporas, especialmente en los casos de las basidiosporas y muchos hongos parásitos de plantas. Esto coincidiría con lo comentado por autores como Sterling & Lewis (1998) y Shelton *et al.* (2002) en sus estudios en los que la principal fuente de las esporas fúngicas detectadas en ambientes interiores provienen del exterior. Además, si nos centramos en estudios realizados en varias cuevas españolas como la de Altamira o en Italia, únicamente hallaron en sus paredes y superficies la presencia de bacterias y actinomicetes (Groth *et al.*, 1999; Groth *et al.*, 2001), mientras que un análisis del contenido fúngico del interior de diversas cuevas en la India encontraron tan sólo un tipo de ascomiceto y ningún basidiceto (Koilaraj *et al.*, 1999).

Para disponer de un mayor número de datos que apoyasen esta hipótesis se procedió al intento de establecer alguna relación entre un parámetro meteorológico externo tal y como son las precipitaciones con algunos tipos con probada asociación entre las épocas de lluvia y los incrementos de las concentraciones de esporas como es el caso de muchos basidiomicetos y ascomicetos (Jones & Harrison, 2004; Van Osdol *et al.*, 2004; Díez *et al.*, 2006). Así, entre las lluvias y la concentración de esporas del tipo *Didymella* del interior de la cueva apareció una correlación positiva y significativa con un valor de $r = 0,455$ ($p \leq 0,001$), siendo también positiva y significativa para los tipos *Agaricus* y *Boletus* (Tabla 5.4), que en principio no tendrían razón de ser ya que las condiciones del interior de la cueva no se ven afectadas por las precipitaciones.

Del mismo modo, también se analizó la existencia de cierta asociación con la temperatura exterior, apareciendo una correlación significativa y negativa con la concentración de esporas. Durante la primavera y el otoño se producen las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el desarrollo de los hongos que encuentran en nuestro periodo estival gran dificultad para su crecimiento, dado las elevadas temperaturas y falta de lluvias que conducen a ambientes exteriores más secos. Este fenómeno de estacionalidad hace que se establezca una correlación negativa con la temperatura exterior que se incrementa en los meses de verano, aunque debemos recordar que en la cueva ésta permanece más o menos constante y en principio si las esporas se originasen en su interior no deberían verse afectadas por este parámetro. Esta disminución de las concentraciones en verano

también aparece descrita en otras localidades con clima similar como Cartagena para áreas exteriores (Elvira, 2001).

2002-2003	Precip	Tmed	Tmax	Tmin
<i>Didymella</i>	0,455***	-0,417***	-0,456***	-0,369***
<i>Agaricus</i>	0,204***	-0,435***	-0,446***	-0,411***
<i>Boletus</i>	0,202***	-0,570***	-0,575***	-0,556***

Tabla 5.4. Correlación de Spearman entre las concentraciones de esporas del interior de la cueva y diversos parámetros meteorológicos del exterior durante el periodo 2002-2003. *** $p \leq 0,001$.

Finalmente, tal y como quedó reflejado en el apartado de resultados, también se ha encontrado una correlación positiva entre las concentraciones de esporas del tipo *Cladosporium* del exterior con las del interior al igual que con las esporas de *Alternaria*, aunque ésta en menor grado.

Por todo esto y si aceptamos el supuesto más probable de que las esporas provengan del exterior podríamos explicar con mayor facilidad muchos resultados obtenidos. En primer lugar las variaciones interanuales entre los distintos tipos podrían deberse a la influencia de los parámetros meteorológicos y su variabilidad. Así, el incremento de las concentraciones durante el otoño, típico de gran parte de las basidiosporas, ascosporas y demás esporas relacionadas con las lluvias, mostró un atraso en el año 2002, en relación al año 2003, que posiblemente esté causado por la escasez de lluvias otoñales que no dieron comienzo hasta noviembre, dificultando el desarrollo y liberación de las esporas hasta esa fecha. Esto queda reflejado en la distribución estacional que presentaron las basidiosporas de los tipos *Tomentella*, *Boletus*, y mayor parte de Agaricales como *Agrocybe*, *Coprinus*, *Agaricus* y *Cortinarius*, ascosporas como las de los tipos *Leptosphaeria* y *Helicomyces* y algunos conidios como los del tipo *Septoria*.

Anteriormente se ha comentado la correlación existente entre las concentraciones exteriores e interiores aunque no se ha realizado una comparación exhaustiva. En cuanto a concentraciones se refiere, el índice anual de las esporas estudiadas (tipos *Cladosporium* y *Alternaria*) fue mayor en el exterior, aunque esas diferencias no fueron homogéneas. Mientras que en primavera y verano las concentraciones fueron bastante más bajas en el interior, en otoño e invierno esas diferencias no sólo se redujeron en el caso del tipo *Cladosporium*, sino que incluso las concentraciones en la atmósfera de la cueva llegaron a superar a las del exterior en una media de 39 y 52 días al año, respectivamente. En principio si las esporas provienen del exterior cabría esperar un menor o igual número de esporas. Sin embargo, en este estudio debemos tener en cuenta que esta cavidad natural es un entorno más o menos aislado del exterior y cuya única comunicación con el exterior es a través de estrechas aberturas.

Por ese motivo, vamos a comentar algunos detalles de interés sobre la cueva (Carrasco *et al.*, 2002). En primer lugar destacar que la tasa de renovación del aire en el interior de la cueva se

encuentra más o menos limitada en función de la época del año. Así, el índice de ventilación oscila entre los $0,2\text{m}^3/\text{s}$ durante la estación cálida, hasta los $2,8\text{m}^3/\text{s}$ durante el otoño-invierno. Esto viene acompañado por una variación en la velocidad del viento ya que durante la época estival se observa un descenso de dicha velocidad, existiendo por tanto una menor renovación del aire. Por otro lado, otro factor fundamental que incide en la modificación de las características ambientales es la actividad antropogénica. De hecho, el número de visitantes que recibe la Cueva de Nerja es muy elevado, pudiéndose llegar a más de 5.000 visitantes en un día. El número de visitas es mayor durante la época estival, siendo agosto el mes en el que se contabiliza un mayor número, con más de 100.000 personas. Esto produce un incremento del CO_2 y de la humedad relativa, estimándose en un 2-3%, el aumento de éste último debido al vapor de agua exhalado por los visitantes. A esto, se le une el desfase existente en el proceso de infiltración del agua de lluvia, que aumenta en verano.

Así, se puede explicar esa mayor diferencia del número de esporas entre los dos ambientes durante la época estival ya que la mayor humedad relativa, tanto por las características hidrogeológicas como por la acción de los visitantes, unida a la menor velocidad del aire y menor tasa de renovación hace que las esporas presentes en el interior tiendan a depositarse, siendo más difícil el transporte y resuspensión. Sin embargo, durante el resto del año, especialmente durante el otoño e invierno, tanto la renovación del aire como la velocidad del mismo son mayores lo que, junto con el descenso de humedad, permite una mayor flotabilidad y transporte desde el exterior obteniéndose niveles más similares. Este comportamiento también ha sido descrito por Kulmala *et al.* (1999) mediante el desarrollo de un modelo para predecir los cambios en las concentraciones de partículas en ambientes interiores en función de la influencia de las condiciones externas. En este estudio, tasas bajas de ventilación provocaban una mayor diferencia entre las concentraciones interiores y exteriores, disminuyendo en gran medida los niveles en el interior, mientras que al elevarse la tasa de ventilación, ambas concentraciones se igualaban, existiendo un momento en el que los niveles en el interior llegaban a superar los del exterior tal y como sucede en nuestro estudio.

En el tipo *Alternaria*, a pesar de mantener las proporciones en la relación de esporas exteriores frente a las interiores en las diferentes épocas del año, presentaron niveles mucho menores en el interior superando las concentraciones exteriores solamente 22 días al año y sin llegar a sobrepasar nunca los índices estacionales exteriores. Esto puede deberse al mayor tamaño de esta spora a la que se ha hecho referencia en otros apartados de esta discusión, que hace que disminuya en gran medida la capacidad de flotabilidad, dificultando así el transporte y disminuyendo el tiempo de permanencia en el aire. Este comportamiento del tipo *Alternaria* coincide con el observado por otros autores en un estudio realizado en hogares (Emberlin *et al.*, 1995).

Por otra parte la comparación de las concentraciones medias diarias de esporas totales registradas en la Sala del Belén con las de un segundo captador situado en una zona mucho más interior de la cueva y por lo tanto más alejada de posibles influencias externas, también mostró una

correlación positiva, aunque con un gran descenso en los niveles esporales, así como en el número de tipos hallados.

Las zonas situadas cerca de la entrada reciben una fuerte influencia de las condiciones ambientales externas, mientras que en la parte más profunda, las características exteriores apenas le afectan, siendo predominantes las propias de la cueva, con una humedad mayor y temperatura con pocas oscilaciones (Northup & Lavoie, 2001). Así, en la Sala del Belén más próxima al exterior se registraron 72 tipos esporales que se redujeron a 45 tipos en la Sala del Cataclismo, pocos de los cuales aparecieron en todos los años de muestreo. Además, en ésta última se registró sólo poco más del 23% como media del total calculado para la Sala del Belén durante los mismos días analizados. Este descenso en la concentración detectada también puede estar favorecido por el mayor grado de humedad que dificulta la permanencia de las esporas en el aire. A pesar de esta diferencia cuantitativa, tanto los tipos más relevantes como el porcentaje del índice de estos tipos en función del total fueron similares a los de la sala del Belén, no apareciendo ningún tipo nuevo.

Finalmente, otro aporte más que verifica la entrada de partículas del exterior son los granos de polen hallados en su interior que al igual que como sucede con las esporas, la tasa de introducción fue mayor en otoño e invierno, mostrando una tasa media anual del 10%.

Esta tasa no se puede generalizar y de hecho la tasa calculada para los dos tipos esporales estudiados en el exterior fue diferente. Únicamente hemos podido comprobar la relación existente entre los tipos *Cladosporium* y *Alternaria*, hallando tasas del 80 y 30%, respectivamente. Si comparamos las diversas tasas obtenidas vemos que existe una relación inversa entre el tamaño de las partículas y el porcentaje registrado de éstas en el interior de la cueva en función de las detectadas en la atmósfera exterior, de modo que a mayor tamaño menor porcentaje encontramos. En otros estudios donde se compara el contenido de determinadas esporas aerovagantes en ambientes exteriores e interiores también se observa una mayor diferencia cuantitativa en las esporas de mayor tamaño, posiblemente por el descenso de la flotabilidad. Así, mientras que autores como Takahashi (1997) registraron una abundancia de *Alternaria* y *Curvularia* de 313 y 10 CFU/m³ respectivamente en zonas exteriores, en el interior no se llegó a las 80 y 3 CFU/m³, mientras que en otras esporas de menor tamaño como *Cladosporium* los valores fueron de 469 y 535 CFU/m³, respectivamente.

Por todo esto y a modo de resumen destacar la existencia de importantes indicios sobre la procedencia del exterior de la mayor parte de las esporas. Éstas seguirían el mismo mecanismo de entrada que el polen, estableciéndose un gradiente desde el exterior, que pasaría en primer lugar por la sala del Belén, más próxima al exterior para alcanzar finalmente la sala del Cataclismo que está más aislada no sólo por la distancia existente hasta las aberturas sino por el desnivel que presenta. Todo esto hace que tanto el flujo como la humedad relativa y la tasa de renovación del aire se vean alterados, con el consecuente efecto sobre los niveles de esporas que disminuyen en gran medida. Una excepción la constituirían las aspergílaceas ya que además del aporte exógeno se suma un aporte artificial ya explicado anteriormente.

5.3.5. Esporas fúngicas como alérgenos potenciales

En los últimos años, el estudio y obtención de alérgenos de hongos asociados con alergias ha cobrado una gran relevancia (Kurup *et al.*, 2002). Sin embargo, aunque en la literatura existen numerosos artículos en los que se realizan mediciones de niveles de esporas tanto en interiores como en exteriores con el objeto de detectar posibles riesgos para la salud humana, también es cierto que no hay unos parámetros que permitan el establecimiento de unos valores estandarizados a partir de los cuales fijar grados de mayor o menor peligrosidad (Paugam *et al.*, 1999, Fung & Hughson, 2003). De hecho, es posible encontrar multitud de rangos (Gots *et al.*, 2003, Baxter *et al.* 2005) dados por diferentes organizaciones en los que se encuentran valores muy diferentes que se consideran aceptables en interiores y ratios entre ambientes interiores y exteriores que van desde valores cercanos a 1 hasta superiores a 3. A este problema se le une el de la dificultad de comparar nuestros datos con los de otros estudios debido a la utilización de distintos métodos de muestreo y representación de los resultados. Así, podemos encontrar que unos autores se refieren a CFU/m³, mientras otros expresan los resultados de su estudio en esporas/m³. Otros factores a tener en cuenta y que imposibilitan en gran medida una adecuada comparación de los datos son el tipo de captador utilizado, el flujo de aire aspirado en caso de ser captadores de succión y el tiempo de exposición. Y que aunque en muchos casos dichos parámetros se especifiquen en la metodología, a la hora de realizar la conversión a esporas por unidad de volumen no se indica la escala de tiempo a la que están referidas dichas concentraciones.

Además, con la metodología empleada sólo es posible la cuantificación de esporas quedando excluidas otras partículas fúngicas, incluidos los fragmentos de hifas. Diversos trabajos sobre varias especies de *Aspergillus* y *Penicillium* (los géneros más importantes por su abundancia en nuestro estudio) han mostrado que tanto fragmentos de estos hongos como sus esporas comparten antígenos causantes de alergias (Górny *et al.* 2002), de modo que el alto valor con potencial alergénico obtenido en nuestro estudio puede quedar incluso infravalorado por no haberse tenido en cuenta estas estructuras.

A diferencia con otros estudios que también detectan altas cantidades de esporas en diferentes materiales como polvo, superficies o paredes, los niveles cuantificados en este trabajo ya se encuentran en el aire por lo que todas las esporas son susceptibles de ser inhaladas, con el consecuente incremento del riesgo de ocasionar problemas de salud, mientras que las que se encuentran más o menos adheridas a una superficie o en otros materiales previamente tienen que pasar al aire para que puedan penetrar en el sistema respiratorio (Gots *et al.* 2003).

Podemos concluir que en la Cueva de Nerja se han registrado niveles altos de tipos esporales descritos como alérgenos tales como aspergiláceas, *Cladosporium*, *Boletus*, *Didymella* y *Ustilago*, detectándose espectaculares subidas puntuales en las concentraciones de esporas, especialmente de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, debidas a la actividad humana generada en su interior y de

otros tipos por el transporte del exterior. Por el elevado número de personas que visitan la cueva a lo largo del año, este fenómeno puede representar un riesgo potencial para la salud humana, de modo que sería aconsejable un estudio que concretase las medidas necesarias a tomar que ayudasen a reducir este alto nivel de esporas en el interior, centrándose durante la época del Festival y especialmente en el periodo previo y posterior al mismo. Una de las primeras medidas que podrían ser aconsejables sería el cambio de material del escenario por otro que dificulte el desarrollo de las diferentes colonias de hongos o el tratamiento de dicho escenario con antifúngicos.

5.3.6. Valoración de la metodología empleada

Como ya se ha comentado en el capítulo dedicado a la metodología utilizada en este estudio, el muestreo de esporas mediante un método no viable presenta ciertos inconvenientes a la hora de la identificación de las mismas ya que, a veces, debido a su similitud resulta prácticamente imposible distinguir entre géneros, familias o incluso grupos taxonómicos superiores.

Se han encontrado trabajos, mencionados anteriormente, que analizan la presencia de hongos y otros organismos en el interior de cuevas pero en su mayoría realizan tomas de muestras puntuales y con un método de muestreo viable, lo que permite una identificación muchas veces a nivel de especie, pero con los problemas que también conlleva esta metodología tanto por el tiempo necesario que requiere realizar el recuento de colonias, casi imposible de asumir en estudios continuados a largo plazo, como por la infravaloración de la biodiversidad ya que no siempre crecen colonias aunque exista presencia esporal.

La finalidad de nuestro estudio era el análisis en profundidad del contenido de partículas biológicas aerovagantes en el aire de una cavidad natural que es altamente visitada, algo sobre lo que hasta ahora no se habían encontrado referencias de trabajos similares, para tener un mayor conocimiento de la composición de su atmósfera y de las posibles variaciones a lo largo del año ya que al igual que sucede en un ambiente exterior, éste no es estático y sufre cambios a lo largo del tiempo. Por todo ello, creemos que esta metodología, que permite un seguimiento continuado hora por hora, los 365 días del año, aporta una información más completa sobre la diversidad de partículas biológicas aerovagantes existentes en el interior de la Cueva de Nerja que podría verse infravalorada con la utilización de otros métodos, así como de sus variaciones estacionales e intradiarias.

6. CONCLUSIONES



6.1. EXTERIOR DE LA CUEVA DE NERJA

1. En la atmósfera de la localidad de Nerja se han detectado un total de 37 tipos polínicos, 20 pertenecientes a taxa arbóreos y 17 correspondientes a taxa herbáceos, aunque con predominio del polen de los tipos arbóreos, que representaron el 69% del contenido polínico total.

2. El índice polínico anual medio obtenido para la localidad de Nerja durante el periodo estudiado fue de 59.750 aunque con escasas diferencias interanuales, siendo más elevado que en Málaga capital.

3. Los mayores niveles polínicos se detectan en la atmósfera desde febrero hasta junio, periodo que comprende más del 90% del polen anual, siendo mayo el mes en el que se registran los valores más elevados con el 27% del contenido total anual, seguido por febrero y marzo con el 19 y 20%, respectivamente. Por el contrario, es durante el periodo estival cuando se detectan las concentraciones más bajas, especialmente durante agosto y septiembre, seguidos del mes de diciembre.

4. Los tipos polínicos principales son *Pinus*, que con el 24% del total es el más abundante en nuestro punto de muestreo, *Olea* (19%), Urticaceae (15%), Cupressaceae (14%), *Quercus* (8%) y Poaceae (7%) que, en conjunto, representaron cerca del 88% como media del índice polínico anual.

5. Las diferencias encontradas en lo que a comportamiento estacional se refiere, pueden ser explicadas en gran medida por las variaciones de los parámetros meteorológicos, especialmente temperaturas, precipitaciones estacionales y pre-estacionales y dirección del viento. Los taxones arbóreos parecen estar mayormente influenciados por la cantidad de lluvias otoñales e invernales, mientras que los herbáceos muestran una mayor correlación con las lluvias pre-primaverales y primaverales. En general, los valores de polen se incrementaron cuando el viento soplabla del interior (dirección N).

6. La mayor parte de los tipos polínicos analizados presentaron un máximo de concentración a las horas del mediodía, siendo el tipo Urticaceae el de índice de distribución intradiario (IDI) más elevado. En los casos de *Olea* y *Quercus* los niveles más altos se produjeron a media noche, probablemente debido al transporte a larga distancia desde zonas del interior, favorecido en ocasiones por el efecto de la contrabrisa.

7. En el caso de las correlaciones se obtienen mejores resultados al dividir el PPP en periodos prepico y postpico, obteniéndose, en general, con las temperaturas valores positivos en el prepico y negativos en el postpico. Con las precipitaciones la asociación obtenida fue negativa, aunque en los

tipos de floración más tardía ésta no resultó significativa en muchas ocasiones debido a la escasez de lluvias.

8. La concentración del día anterior junto con la D-media fueron las mejores variables predictoras analizadas, superando el porcentaje de varianza explicado por las variables meteorológicas y siendo, en los casos estudiados, las seleccionadas en primer lugar cuando se realizaron regresiones múltiples por pasos.

9. A la vista del calendario polínico, el espectro de la localidad de Nerja, al igual que ocurre en otras regiones con clima mediterráneo, está caracterizado por periodos de polinación en los que se puede apreciar un inicio más temprano del PPP que en zonas más septentrionales, con amplias colas que hace que los periodos de polinación se prolonguen largamente en el tiempo.

10. Las diferencias más significativas encontradas con otros puntos de muestreo de la provincia son la elevada incidencia del polen de *Pinus*, en febrero y marzo, y de *Urticaceae*, cuyos niveles se mantienen bastante altos durante casi todo el año.

11. Tanto por las elevadas concentraciones registradas, como por su reconocida capacidad alérgica, los tipos *Olea*, *Parietaria*, *Poaceae* y *Cupressaceae* deben ser considerados como los principales alérgenos polínicos potenciales, susceptibles de provocar polinosis entre la población de Nerja.

6.2. INTERIOR DE LA CUEVA DE NERJA

12. En el interior de la Cueva de Nerja se han identificado un total de 72 tipos esporales en la Sala del Belén, con un índice de esporas total de 3.424.131 y un valor medio anual de 856.032. En la Sala del Cataclismo el número de tipos quedó reducido a 45, no apareciendo ninguno nuevo y en concentraciones mucho más bajas.

13. Casi la mitad de los tipos esporales son conidios pertenecientes al grupo de los llamados hongos imperfectos y que representan una media del 70% del índice anual. Este grupo está seguido por las basidiosporas y ascosporas que constituyen el 21 y 2% del total anual, respectivamente.

14. A pesar del número tan elevado de esporas detectadas, más del 91% de los tipos identificados no superan el 1% del índice anual, perteneciendo la mayor parte de ellas al tipo

aspergiláceas, con el 50% como media del contenido esporal anual. Otros tipos abundantes fueron *Cladosporium* (17%), *Agaricus* (13%), *Boletus* (6%), *Ustilago* (2%) y *Didymella* (1%).

15. En el interior de la cueva se detecta presencia esporal durante todo el año, aunque las concentraciones esporales no se reparten homogéneamente y existen grandes oscilaciones de un año a otro. La mayoría de los tipos estudiados registran los niveles más elevados durante la primavera y el otoño, siendo el tipo aspergiláceas una excepción al presentar los mayores recuentos en la época estival. Este peculiar comportamiento de las esporas de aspergiláceas se debe a causas antrópicas, concretamente a la instalación de un escenario de madera para la organización del Festival de Música y Danza, lo que unido a la elevada humedad relativa que se registra en esta época del año, favorece el desarrollo de este tipo de hongos.

16. La distribución intradiaria de las basidiosporas y ascosporas analizadas mostraron una reducción de los niveles esporales en las horas centrales del día. Sin embargo, los tipos *Cladosporium* y *Ustilago* presentaron un comportamiento opuesto, con un ligero aumento de las concentraciones durante las horas de máxima radiación solar. Finalmente, las aspergiláceas experimentaron un incremento entre las 12 y las 14h explicado por la hora en la que era desmontado el escenario.

17. Debido a los similares patrones de distribución estacional, así como la correlación positiva detectada entre los niveles de determinados tipos esporales en el interior y exterior de la cavidad, creemos que las esporas que se registran en el interior de la Cueva de Nerja, a excepción de aspergiláceas, proceden del exterior, ya que las fluctuaciones estacionales detectadas obedecen más a los parámetros meteorológicos externos. Otros factores que apoyan esta hipótesis son la falta de materia orgánica y la inexistencia de micelios y carpóforos de hongos en el interior de la misma, así como las semejanzas encontradas entre las distribuciones estacionales e intradiarias de las esporas del interior de la cueva con las de otros estudios en exteriores. En tal caso, se establecería un gradiente negativo desde la entrada hasta la Sala del Cataclismo, pasando por la sala del Belén.

18. La presencia de granos de polen en el interior de la cueva constituye otro aporte más que verifica la entrada de partículas del exterior.

19. Los elevados niveles registrados de determinados tipos esporales descritos como alérgenos, tales como aspergiláceas, *Cladosporium*, *Boletus*, *Didymella* y *Ustilago*, podrían representar un riesgo potencial para la población visitante de la Cueva de Nerja, siendo recomendable la aplicación de algún método preventivo, especialmente durante la celebración del festival.

20. Creemos que la utilización del captador volumétrico empleado en el interior de la cueva, a pesar de las limitaciones que presenta, aporta una información más completa sobre las partículas biológicas aerovagantes presentes en el aire de la misma que otros métodos, que tanto por la forma de

toma de las muestras como por el menor tiempo que se mantienen en funcionamiento, pueden presentar datos sesgados e infravalorados sobre la diversidad y distribución tanto estacional como intradiaria de las esporas.

7. BIBLIOGRAFÍA



- ABARCA, M.L. (2000). Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Rev Iberoam Micol* 17: S79-S84.
- ADHIKARI, A., SEN, M.M., GUPTA-BHATTACHARYA, S. & CHANDA, S. (2004). Volumetric assessment of airborne fungi in two sections of a rural indoor dairy cattle shed. *Environ Int* 29: 1071-1078.
- AIRA, M.J., JATO, V. & IGLESIAS, I. (2005). *Calidad del aire. Polen y esporas en la Comunidad Gallega*. Colección Técnica Medio Ambiente, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, La Coruña, España. 237pp.
- AIRA, M.J., JATO, V., STCHIGEL, A.M., RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. & PIONTELLI, E. (2007). Aeromycological study in the Cathedral of Santiago de Compostela (Spain). *Int Biodeter Biodegradation*, doi:10.1016/j.ibiod.2007.02.007.
- ALBA, F., DÍAZ DE LA GUARDIA, C., SABARIEGO, S., & NIETO-LUGILDE, D. (2002). Aerobiología en Andalucía: estación de Granada (2000-2001). *Rea* 7: 65-70.
- ALBA, F., DÍAZ DE LA GUARDIA, C., DE LINARES, C., & NIETO-LUGILDE, D. (2004). Aerobiología en Andalucía: estación de Granada (2002-2003). *Rea* 8 (en prensa).
- 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.
- ALCÁZAR, P., GALÁN, C., CARIÑANOS, P., VELASCO, A. & DOMÍNGUEZ, E. (2002). Aerobiología en Andalucía: estación de Córdoba (2000-2001). *Rea* 7: 49-54.
- ALCÁZAR, P., GALÁN, C., CARIÑANOS, P. & DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. (2003). A new adhesive for airborne pollen sampling in Spain. *Aerobiologia* 19: 57-61.
- ALCÁZAR, P., CARIÑANOS, P., GALÁN, C. & DOMÍNGUEZ, E. (2004). Aerobiología en Andalucía: estación de Córdoba (2002-2003). *Rea* 8 (en prensa).
- ALEMANY-VALL, R. (1955). Casos de polinosis en 1954-1955. *Med Clin* 26: 100-108.
- ALEXOPOULOS, C.J. & MIMS, C.W. (1985). *Introducción a la Micología*. Ed. Omega, Barcelona, España. 638p.
- ALFAYA, T. & MARQUÉS, L. (2002). Chenopodiáceas/Amarantáceas. pp: 69-78. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- ALLITT, U. (2000). Airborne fungal spores and the thunderstorm of 24 June 1994. *Aerobiologia* 16: 397-406.
- ALLUE, J.L. (1990). *Atlas fitoclimático de España*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid, España.
- AL-SUWAINE, A., BAHKALI, A. & HASNAIN, S. (1999). Seasonal incidence of airborne fungal allergens in Riyadh, Saudi Arabia. *Mycopathologia* 145: 15-22.
- ANDERSEN, A. A. (1956). Developmental work on the Andersen sampler. *Dugway Proving Ground Research Report* 108, Dugway, Utah, November 13.
- ANON (2002). Fin Pollen Bull (suppl) 26: 2.

- ARIANO, R., PANZANI, R.C., FALAGIANI, P., CHIAPELLA, M. & AUGERI, G. (1993). Respiratory allergy to the pollen of *Mercurialis annua* (Euphorbiaceae). *Ann Allergy* 70: 249-254.
- AYTUĞ, B. & GÜVEN, K.C. (1991). Allergenic significance of Fagaceae pollen. pp: 207-209. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- BALTASAR, M.A. & MARTÍ, E. (2002). Urticáceas. pp: 43-52. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- BARLETTA, B., AFFERNI, C., TINGHINO, R., MARI, A., DI FELICE, G. & PINI, C. (1996). Cross-reactivity between *Cupressus arizonica* and *Cupressus sempervirens* pollen extracts. *J Allergy Clin Immunol* 98 (4): 797-804.
- BARTRA, J., SAN MIGUEL-MONCÍN, M., LOMBARDELO, M., ALONSO, R., FERNÁNDEZ, B., TELLA, R. & CISTERO-BAHIMA, A. (2004). Rhinoconjunctivitis and bronchial asthma due to monosensitization to *Quercus* pollen. *J Allergy Clin Immunol* 113 (2): S64-S65.
- BAS, C. (1969). Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph of its section *Lepidella*. *Persoonia* 5: 285-579.
- BAXTER, D.M., PERKINS, J.L., MCGHEE, C.R. & SELTZER, J.M. (2005). A regional comparison of mold spore concentrations outdoors and inside "clean" and "mold contaminated" southern California buildings. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2: 8-18.
- BELMONTE, J. & ROURE, J.M. (1991). Characteristics of the aeropollen dynamics at several localities in Spain. *Grana* 30: 364-372.
- BELMONTE, J., ROURE, J.M. & MARCH, X. (1998). Aerobiology of Vigo, Northwestern Spain: atmospheric pollen spectrum and annual dynamics of the most important taxa, and their clinical importance for allergy. *Aerobiologia* 14: 155-163.
- BELMONTE, J., GABARRA, E. & ROURE, J.M. (2002). Aerobiología en Catalunya: estación de Barcelona (2000-2001). *Rea* 7: 131-136.
- BELMONTE, J. & ROURE, J.M. (2002a). Aerobiología en Catalunya: estación de Tarragona (2000-2001). *Rea* 7: 161-166.
- BELMONTE, J. & ROURE, J.M. (2002b). Aerobiología en Catalunya: estación de Lleida (2000-2001). *Rea* 7: 155-160.
- BERMEJO, D. & GARCÍA A.M. (2002). Aerobiología en Aragón: estación de Zaragoza (2000-2001). *Rea* 7: 101-106.
- BESSOT, J.C., SAYEGH, K. & PAULI, G. (1992). Rhinite pseudo-professionnelle et allergie vraie au pollen de papyrus. *Rev fr Allergol* 32 (4): 208-209.
- BLACKLEY, C.H. (1873). *Experimental research on the course and nature of Catorrhus aestivus (hay fever or hay asthma)*. pp: 202. London: Balliere, Tindall and Cox.
- BORAL, D. & BHATTACHARYA, K. (2000). Aerobiology, allergenicity and biochemistry of three pollen types in Berhampore town of West Bengal, India. *Aerobiologia* 16: 417-422.

- BOUSQUET, J., COUR, P., GUERIN, B. & MICHEL, F.B. (1984). Allergy in the Mediterranean area. I. Pollen counts and pollinosis of Montpellier. *Clin Allergy* 14 (3): 249–258.
- BRANDER, K.A., PICHLER, W.J. & HEBLING, A. (1999). Isolation of Basidiomycete allergens. *Int Arch Allergy Immunol* 118: 302-303.
- BURCH, M. & LEVETIN, E. (2002). Effects of meteorological conditions on spore plumes. *Int J Biometeorol* 46: 107-117.
- BURFORD, E., KIERANS, M. & GADD, G.M. (2003). Geomycology: fungi in mineral substrata. *Mycologist* 17 (3): 98-107.
- BURGE, H.A. (1985). Fungus allergens. *Clin. Rev. Allergy* 3: 319-329.
- BURGE, H.A. (1986). Some comments on the aerobiology of fungus spores. *Grana* 25: 143-146.
- BURGE, H.A. (1989). Fungus aerobiology: a plethora of problems. pp: 147-156. In: COMTOIS, P. (ed). *Aerobiology. Health. Environment. A simposium*. Université de Montréal, Canada.
- BURGE, H.A. (1990). Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. *J Allergy Clin Immunol* 86(5): 687-701.
- BURGE, H.A. (2002). An update on pollen and fungal spore aerobiology. *J Allergy Clin Immunol* 110 (4): 544-552.
- BURGOS, F. (1991). Pólenes y medio ambiente: sensibilizaciones polínicas en Andalucía. *Actas XX reunión de la Asociación de Alergólogos e Inmunólogos del Sur (AISUR)*. Huelva. España. Junio 1999. pp: 134-141.
- BUSTOS, I. (2006). *Caracterización aeromicológica de la atmósfera del parque Natural de la Sierra de Hornachuelos. Correlación con los parámetros meteorológicos: el caso de la Sierra Albarrana*. Tesis Doctoral. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 339pp.
- BUZINA, W., BRAUN, H., FREUDENSCHUSS, K., LACKNER, A., HABERMANN, W. & STAMMBERGER, H. (2002) Fungal biodiversity – as found in nasal mucus. *Med Mycol* 49: 149-161.
- CABEZUDO, B., RECIO, M., SÁNCHEZ-LAULHÉ, J.M., TRIGO, M.M., TORO, F.J. & POLVORINOS, F. (1997). Atmospheric transportation of marihuana pollen from North Africa to the southwest of Europe. *Atmospheric Environment* 31 (20): 3323-3328.
- CABEZUDO, B., PÉREZ LATORRE, A., NAVAS FERNÁNDEZ, D., GAVIRA, O., & CABALERO, G. (2005). Contribución al conocimiento de la flora del Parque Natural de las Sierras Tejeda, Almijara y Alhama (Málaga-Granada, España). *Acta Bot Malacitana*, 30, 55-110.
- CABI BIOSCIENCE DATABASES. (2004). Index Fungorum. Marzo de 2007. <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- CALDERON, C., LACEY, J., MCCARTNEY, A. & ROSAS, I. (1997). Influence of urban climate upon distribution of airborne *Deuteromycete* spore concentrations in Mexico City. *Int J Biometeorol* 40: 71 –80.

- CALVO-BADO, L., NOBLE, R., CHALLEN, M., DOBROVIN-PENNINGTON, A. & ELLIOTT, T. (2000). Sexuality and genetic identity in the *Agaricus* Section *Arvenses*. *Appl Environ Microbiol* 66 (2): 728-734.
- CAMUFFO, D., BRIMBLECOMBE, P., VAN GRIEKEN, R., BUSSE, H.J., STURARO, G., VALENTINO, A., BERNARDI, A., BLADES, N., SHOOTER, D., DE BOCK, L., GYSELS, K., WIESER, M. & KIM, O. (1999). Indoor air quality at the Correr Museum, Venice, Italy. *Sci Total Environ* 236: 135-152.
- CAMUFFO, D., VAN GRIEKEN, R., BUSSE, H.J., STURARO, G., VALENTINO, A., BERNARDI, A., BLADES, N., SHOOTER, D., GYSELS, K., DEUTSCH, F., WIESER, M., KIM, O. & ULRYCH, U. (2001). Environmental monitoring in four European museums. *Atmos Environ* 35 (S1): 127-140.
- CANDAU, P., CARRASCO, M., PÉREZ TELLO, A.M., GONZÁLEZ MINERO, F.J. & MORALES, J. (2002a). Aerobiología en Andalucía: estación de Cádiz (2000-2001). *Rea* 7: 43-48.
- CANDAU, P., PÉREZ TELLO, A.M., GONZÁLEZ MINERO, F.J., CARRASCO, M. & MORALES, J. (2002b). Aerobiología en Andalucía: estación de Sevilla (2000-2001). *Rea* 7: 95-100.
- CANDAU, P., CARRASCO, M., OGALLA GARCÍA, V. & GONZÁLEZ MINERO, F.J. (2004a). Aerobiología en Andalucía: estación de Cádiz (2002-2003). *Rea* 8 (en prensa).
- CANDAU, P., OGALLA GARCÍA, V., CARRASCO, M., GONZÁLEZ MINERO, F.J. & MORALES, J. (2004b). Aerobiología en Andalucía: estación de Sevilla (2002-2003). *Rea* 8 (en prensa).
- CAÑETE, S. (1997). *Concentraciones en Radón e intercambio de aire en la Cueva de Nerja*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ecología y Geología. Universidad de Málaga, Málaga, España. 84 p.
- CARIÑANOS, P., EMBERLIN, J., GALÁN, C. & DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. (2000a). Comparison of two pollen counting methods of slides from a hirst type volumetric trap. *Aerobiologia* 16: 339-346.
- CARIÑANOS, P., GALÁN, C., ALCÁZAR, P. & DOMÍNGUEZ, E. (2000b). Allergenic pollen in the subdesert areas of the Iberian Peninsula. *J Investig Allergol Clin Immunol* 10: 242-247.
- CARIÑANOS, P., GALÁN, C., ALCÁZAR, P. & DOMÍNGUEZ, E. (2004). Airborne pollen records response to climatic conditions in arid areas of the Iberian Peninsula. *Environ Exp Bot* 52: 11-22.
- CARRASCO, F. (1993). *Geología de la Cueva de Neja*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga.
- CARRASCO, F., ANDREO, B., DURÁN, J.J., GUERRA-MERCHÁN, A., LIÑÁN, C., SERRANO, F. & VADILLO, I. (1998). Itinerario geológico por la Cueva de Nerja y su entorno. pp: 131-152. In: REBOLLO, M., SERRANO, F., NIETO, J.M. & CABEZUDO, B. (eds). *Itinerarios por espacios naturales de la provincia de Málaga. Una aproximación al conocimiento de su*

- geología y su botánica*. Servicio de publicaciones e intercambio científico de la universidad de Málaga, Málaga, España.
- CARRASCO, F., VADILLO, I., LIÑÁN, C., ANDREO, B. & DURÁN, J.J. (2002). Control of environmental parameters for management and conservation of Nerja Cave (Málaga, Spain). *Acta Carsologica* 31(1): 105-122.
- CARRASCO, F. (1999). Características geológicas e hidrológicas de la Cueva de Nerja y su entorno. pp: 97-108. In: SENCIALES, J.M. & FERRE, E. (coords.). *Elementos de los paisajes de la provincia de Málaga*. Servicio de publicaciones e intercambio científico de la universidad de Málaga, Málaga, España.
- CARRETERO, P., JUSTE, S., GARCÍA-GONZÁLEZ, F., ALLOZA, P., PÉREZ, R., BLANCO, J., REINARES, C., VICENTE, J. & BASCONES, O. (2005). Pólenes alergénicos y polinosis en la ciudad de Burgos. *Alergol Immunol Clin* 20: 90-94.
- CENCI, C.A. & CESCHIA, M. (2000). Forecasting of the flowering time for wild species observed at Guidonia, central Italy. *Int. J. Biometeorol.* 44: 88-96.
- CHACÓN, S. & HUMAÑA, L. (2006). Diatrypales (Ascomycota) de Costa Rica. *Revista Mexicana de Micología* 23: 37-47.
- CHAKRABORTY, P., GUPTA-BHATTACHARYA, S. & CHANDA, S. (1996a). Aeromycoflora of an agricultural farm in West Bengal, India: A five year study (1994-1999). *Grana* 42: 248-254.
- CHAKRABORTY, P., GUPTA-BHATTACHARYA, S. & CHANDA, S. (1996b). Comparative aerobiology, allergenicity and biochemistry of three palm pollen grains in Calcutta, India. *Aerobiologia* 12: 47-50.
- CHAKRABORTY, S.; SEN, S.K. & BHATTACHARYA, K. (2000). Indoor and outdoor aeromycological survey in Burdwan, West Bengal, India. *Aerobiologia* 16: 211-219.
- CHANDRA, B. & CHANDA, S. (2000). Aeromycoflora in the Central Milk Dairy of Calcutta, India. *Aerobiologia* 16: 367-372.
- CHAPMAN J.A.: 1986, Aeroallergens of southeastern Missouri, U.S.A. *Grana* 25, 235–246.
- CIMIGNOLI, E., BROCCUCCI, L., CERNETTI, C., GERLI, R. & SPINOZZI, F. (1992). Isolation and partial characterization of *Cupressus sempervirens* allergens. *Aerobiologia* 8: 465-470.
- COMTOIS, P. (1997). Historical biography. Pierre Miquel: the first professional aerobiologist. *Aerobiologia* 13: 75-82.
- COMTOIS, P. & MANDRIOLI, P. (1997). Pollen capture media: A comparative study. *Aerobiologia* 13: 149-154.
- COMTOIS, P., ALCÁZAR, P. & NÉRON, D. (1999). Pollen counts statistics and its relevance to precision. *Aerobiologia* 15: 19-28.
- CONDE, J., BENJUMEDA, A., FERNÁNDEZ-DELGADO, L., PRIETO, R., CHAPARRO, A. & DE LA CALLE, A. (2002). Oleáceas. pp: 99-119. In: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.

- CORDEN, J.M. & MILLINGTON, W.M. (1991). A study of Gramineae and Urticaceae pollen in the Derby area. *Aerobiologia* 7: 100-106.
- COUR, P. (1974). Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques: étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores* 16: 103-141.
- COX, C.S. & WATHES, C.M. (1995). *Bioaerosols handbook*. Lewis Publishers, Boca Raton. Florida, USA. 623p.
- CROTZER, V. & LEVETIN, E. (1996). The aerobiological significance of smut spores in Tulsa, Oklahoma. *Aerobiologia* 12: 177-184.
- CURTIS, L., LIEBERMAN, A., STARA M., REA, W. & VETTER, M. (2004). Adverse health effects of indoor molds. *J Nutr Environ Med* 14: 261-274.
- CVITANOVIC, S. & MARUSIC, M. (1994). Hypersensitivity to pollen allergens on the Adriatic coast. *J Investig Allergol Clin Immunol* 4 (2): 96-100.
- D'AMATO, G., MULLINS, J., NOLARD, N., SPIEKSMAN, F.Th.M. & WACHTERS, R. (1988). City spore concentrations in the European Economic Community (EEC). VII. Oleaceae (*Fraxinus*, *Ligustrum*, *Olea*). *Clin Allergy* 18 (6): 541-547.
- D'AMATO, G. & LOBEFALO, G. (1989). Allergenic pollens in the southern Mediterranean area. *J Allergy Clin Immunol* 83 (1): 116-122.
- D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.Th.M. (1990). Allergenic pollen in Europe. *Grana* 30: 67-70.
- D'AMATO, G. (1991). European airborne pollen types of allergological interest and monthly appearance of pollination in Europe. pp: 66-78 In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- D'AMATO, G., RUFFILLI, A., SACERDOTI, G. & BONINI, S. (1992). *Parietaria* pollinosis: a review. *Allergy* 47: 443-449.
- D'AMATO, G. & SPIEKSMAN, F.Th.M. (1992). European allergenic pollen types. *Aerobiologia* 8: 447-450.
- DAMIALIS, A., GIOULEKAS, D., LAZOPOULOU, C., BALAFOUTIS, C. & VOKOU, D. (2005). Transport of airborne pollen into the city of Thessaloniki: the effects of wind direction, speed and persistence. *Int J Biometeorol* 49: 139-145.
- DE HOOG, G.S., GUARRO, J., GENÉ, J. & FIGUERAS M.J. (2000). *Atlas of clinical fungi*. 2nd edition. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands & Universitat Rovira i Virgili, Reus, Spain. 1126p.
- DE LINARES, C., DÍAZ DE LA GUARDIA, C., ALBA, F., LUGILDE, D. & MOTA, J.F. (2004). *Aerobiología en Andalucía: estación de Almería (2002-2003)*. *Rea* 8 (en prensa).
- DE PABLOS, L. (2001). *Aerobiología en Ciudad Real: Modelos de pronóstico*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 449p.
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL HEALTH & SAFETY (DEHS). UNIVERSITY OF MINNESOTA. 2004. Fungal glossary. Marzo de 2007. <http://www.dehs.umn.edu/IAQ/fUnGUs/glossary.html>.

- DI FELICE, G., CAIAFFA, M.F., BARILETTO, B.G., AFFERNI, C., DI PAOLA, R., MARI, B.A., PALUMBO, S., TINGHINO, R., SALLUSTO, F., TURSI, A., MACCHIA, B.L. & PINI, C. (1994). Allergens of Arizona cypress (*Cupressus arizonica*) pollen: Characterization of the pollen extract and identification of the allergenic components. *J Allergy Clin Immunol* 94 (3): 547-555.
- DÍAZ DE LA GUARDIA, C., ALBA, F., GIRÓN, F., SABARIEGO, S. (1998). An aerobiological study of Urticaceae pollen in the city of Granada (S. Spain): correlation with meteorological parameters. *Grana* 37: 298-304.
- DÍAZ DE LA GUARDIA, C., ALBA, F., TRIGO, M.M., GALÁN, C., RUIZ, L. & SABARIEGO, S. (2003). Aerobiological analysis of *Olea europea* L. pollen in different localities of southern Spain. *Grana* 42: 234-243.
- DÍEZ, A., SABARIEGO, S., GUTIÉRREZ, M. & CERVIGÓN, P. (2006). Study of airborne fungal spores in Madrid, Spain. *Aerobiologia* 22: 135-142.
- DOCAMPO, S., TRIGO, M.M., RECIO, M. & CABEZUDO, B. (2003) Presencia de esporas fúngicas en la atmósfera del interior de la cueva de Nerja (Málaga): Estudio preliminar. *Polen* 13: 279-288.
- DOCTORFUNGUS CORPORATION. 2001. Fungi descriptions. Marzo de 2007. http://www.doctorfungus.org/thefungi/Description_index.htm.
- DOMÍNGUEZ VILCHES, E., UBERA, J.L. & GALÁN, C. (1984). *Polen alergógeno de Córdoba*. Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba, Córdoba, España. 149p.
- DOMINGUEZ VILCHES, E.; GALAN, C.; VILLAMANDOS, F. & INFANTE, F. (1991). Manejo y evaluación de los datos obtenidos en los muestreos aerobiológicos. *Monografías Rea/EAN* 1: 1-18.
- DOMÍNGUEZ VILCHES, E. (1992). The Spanish Aerobiology Network (REA). *Aerobiologia* 8 (2): 45-46.
- DOMÍNGUEZ VILCHES, E., GALÁN, C., GUERRA, F., VILLAMANDOS, F., INFANTE, F. & MEDIAVILLA, A. (1993). Spring pollen and related allergies in southern Spain. *J Invest Allergol Clin Immunol* 3 (5): 271-275.
- DOPAZO, A., HERVÉS, M. & AIRA, M.J. (2002). Aerobiología en Galicia: estación de Santiago de Compostela (2000-2001). *Rea* 7: 189-194.
- DORNIEDEN, TH., GORBUSHINA, A.A. & KRUMBEIN, W.E. (2000). Biodecay of cultural heritage as a space/time-related ecological situation – an evaluation of a series of studies. *Int Biodeterior Biodegradation* 46: 261-270.
- DOWDING, P. (1987). Wind pollination mechanisms and aerobiology. pp: 421-437. In: GILES, K.L. & PRAKASH, J. (eds). *Pollen: Cytology and Development. International Review of Cytology* 107. Academic Press, New York. USA.
- DRIESSEN, M.N.B.M. & DERKSEN, J.W.M. (1989). The principal airborne and allergenic pollen species in the Netherlands. *Aerobiologia* 5: 87-93.

- DUEÑAS, M.C., FERNÁNDEZ, M.C., CARRETERO, J. & PÉREZ MARTÍNEZ, M. (1993). Estudio de la ventilación de la Cueva de Nerja mediante la concentración de Radón. pp: 253-263. In: CARRASCO, F. (ed). *Geología de la Cueva de Nerja. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 3*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, España.
- DUGAN, F.M. (2006). *The identification of fungi. An illustrated introduction with keys, glossary and guide to literature*. The American Phytopathological Society (APS) Press, Minnesota, USA. 176p.
- DURHAM, O.C. (1946). The volumetric incidence of atmospheric allergens IV. A proposed standard method of gravimetry sampling and volumetric interpolation of results. *J Allergy* 17: 79–86.
- ECHARRI, L. (1998). Climas de la Península Ibérica. In: ECHARRI, L. (ed). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Diciembre de 2006. <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/03AtmHidr/113CIEsp.htm>.
- ELVIRA, M.L.B. (2001). *Caracterización aeropalínológica del bioaerosol atmosférico de la ciudad de Cartagena*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería química y ambiental. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, España. 412p.
- ELLIS, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological. Institute Kew, England.
- ELLIS, M.B. (1976). *More Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological. Institute Kew, England.
- EMBERLIN, J.C., NORRIS-HILL, J. & BRYANT, R.H. (1990). A calendar for tree pollen in London. *Grana* 29: 301-309.
- EMBERLIN, J., JONES, S., BAILEY, J., CAULTON, E., CORDEN, J., DUBBETS, S., EVANS, J., McDONAGH, N., MILLINGTON, W., MULLINS, J., RUSSEL, R. & SPENCER, T. (1994). Variation in the start of the grass pollen season at selected sites in the United Kingdom. 1987-1992. *Grana* 33, 94-99.
- EMBERLIN, S., NEWMAN, T. & BRYANT, R. (1995). The incidence of fungal spores in the ambient air and inside homes: evidence from London. *Aerobiología* 11: 253-258.
- EMBERLIN, J., JAEGER, S., DOMINGUEZ-VILCHES, E., GALAN, C., HODAL, L., MANDRIOLI, P., RANTIO LEHTIMÄK, A., SAVAGE, M., SPIEKSMÄ, F.TH. & BARTLETT, C. (2000). Temporal and geographical variations in grass pollen seasons in areas of western Europe: an analysis of season dates at sites of European pollen information system. *Aerobiología* 16: 373-379.
- EMERYK, A., BEHRE, U., SIPILÄ, P., HOFMAN, T., BUCZYLKO, K., HARDY, P. & RUUTH, E. (2004). Sensitization to aeropollinic allergens in children from Europe. *J Allergy Clin Immunol* 113 (2): S233.
- EMSL ANALITICAL. 2007. Fungal glossary. Marzo de 2007. <http://www.emsl.com/index.cfm?nav=Pages&ID=149>

- ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY LABORATORY (EMLab). 2007. Fungi. Marzo de 2007. <http://www.emlab.com/app/fungi/Fungi.po>.
- ERDTMAN, G. (1952). *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. (An introduction to palinology)*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, Suecia.
- ERDTMAN, G. (1969). *Handbook of palynology. An introduction to to the study of pollen grains and spores*. Muksgaard. Copenhagen. Dinamarca.
- EZEAMUZIE, C.I., AL-MOUSAWI, M., DASHTI, H., AL-BASHIR, A., AL-HAGE, M. & AL-ALI, S. (1997). Prevalence of allergic sensitization to inhalant allergens among blood donors in Kuwait- a desert country. *Allergy* 52: 1194-1200.
- FAEGRI, K. (1956). Recent trends in palynology. *Bot Rev* 22: 639-664.
- FERNÁNDEZ, D., VALENCIA, R.M., MOLNÁR, T., VEGA, A. & SAGÜÉS, E. (1998). Daily and seasonal variations of *Alternaria* and *Cladosporium* airborne spores in León (North-West, Spain). *Aerobiologia* 14: 215-220.
- FERNÁNDEZ-CASADO, M., NAVA, H. & SUÁREZ, F. (2002). Aerobiología en Asturias: Estación de Oviedo (2000-2001). *Rea* 7: 107-112.
- FERRE, E. (1999). Las unidades naturales de la provincia de Málaga. pp: 13-21. In: SENCIALES, J.M. & FERRE, E. (coords.). *Elementos de los paisajes de la provincia de Málaga*. Servicio de publicaciones e intercambio científico de la universidad de Málaga, Málaga, España.
- FLORIDO, J., GONZÁLEZ-DELGADO, P., SÁENZ, B., QUIRALTE, J., ARIAS, J.M., PERALTA, V. & RUIZ, L. (1999). High levels of *Olea europaea* pollen and relation with clinical findings. *Int Arch Allergy Immunol* 119 (2): 133-137.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Major food and agricultural commodities and producers 2005. Julio 2007. <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?item=260&lang=en&year=2005>.
- FORNACIARI, M., GALÁN, C., MEDIAVILLA, A., DOMÍNGUEZ, E. & ROMANO, B. (2000). Aeropalynological and phenological study in two different Mediterranean olive areas: Cordoba (Spain) and Perugia (Italy). *Plant Biosystems* 134 (2): 199-204.
- FRANK, E., LEONHARDT, L., GEISLER, W. & JÄGER, S. (1991). Allergenic significance of *Rumex* pollen. pp: 119-120. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- FREEMAN, G.L. (1993). Pine pollen allergy in Northern Arizona. *Ann Allergy* 70: 491-495.
- FRENGUELLI, G., BRICCHI, E., ROMANO, B., MINCIGRUCCI, G. & SPIEKSMAN, F.T.H. M. (1989). A predictive study on the beginning of the pollen season for Gramineae and *Olea europaea* L. *Aerobiologia* 5 (1): 64-70.
- FRENGUELLI, G. (1998). The contribution of aerobiology to agriculture. *Aerobiologia* 14: 95-100.
- FUNG, F. & HUGHSON, W.G. (2003). Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure. *Appl Occup Environ Hyg* 18: 535-544.

- GABARRA, E., BELMONTE, J. & CANELA, M. (2002). Aerobiological behaviour of *Platanus* L. pollen in Catalonia (North-East Spain). *Aerobiologia* 18: 185-193.
- GALÁN, C., INFANTE, F., RUIZ DE CLAVIJO, E., GUERRA, F., MIGUEL, R. & DOMÍNGUEZ, E. (1989). Allergy to pollen grains from *Amaranthaceae* and *Chenopodiaceae* in Córdoba, Spain. Annual and daily variation of pollen concentration. *Ann. Allergy* 63 (11): 435-438.
- GALÁN, C., TORMO, R., CUEVAS, J. INFANTE, F. & DOMINGUEZ, E. (1991). Theoretical daily variation patterns of airborne pollen in the South-West of Spain. *Grana* 30: 201-209.
- GALÁN, C. & DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. (1997). The capture media in aerobiological sampling. *Aerobiologia* 15: 155-160.
- GALÁN, C., FULLERAT, M.J., COMTOIS, P. & DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. (1998). Bioclimatic factors affecting daily Cupressaceae flowering in southwest Spain. *Int J Biometeorol* 41: 95-100.
- GALÁN, C., CARIÑANOS, P., GARCÍA-MOZO, H., ALCÁZAR, P. & DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. (2001a). Model for forecasting *Olea europaea* L. airborne pollen in South-West Andalusia, Spain. *Int J Biometeorol* 45 (2): 59-63.
- GALÁN, C., GARCÍA-MOZO, H., CARIÑANOS, P., ALCÁZAR, P. & DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. (2001b). The role of temperature in the onset of *Olea europaea* L. pollen season in southwestern Spain. *Int J Biometeorol* 45 (1): 8-12.
- GALÁN, C., GARCÍA-MOZO, H., VÁZQUEZ, L., RUIZ, L., DÍAZ DE LA GUARDIA, C. & TRIGO, M.M. (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 (3): 184-188.
- GALÁN, C., CARIÑANOS, P., ALCÁZAR, P. & DOMÍNGUEZ-VILCHES. (2007). *Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología*. Ed. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 61pp.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J. (1994). *Calendario polínico de la ciudad de Málaga: prevalencia de test cutáneos*. Tesis Doctoral. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Medicina. Universidad de Málaga, Málaga, España. 220p.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J., BARTOLOMÉ, B., TRIGO, M.M., CABEZUDO, B., MUÑOZ, C., BARCELÓ, J.M., FERNÁNDEZ, S. & GUERRA, J.A. (1996a). *Ricinus* pollen sensitization. *Allergy (Suppl.)* 31 (51): 119.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J., TRIGO, M.M., BARTOLOMÉ, B., CABEZUDO, B., FERNÁNDEZ, S., RECIO, M., NEGRO, M.A., TORO, F.J. & MUÑOZ, C. (1996b). Pollinosis due to *Ricinus communis*. 95-96 pp. In: AIRA, M.J., JATO, V., IGLESIAS, I. & GALÁN, C. (eds). *Compostela Aerobiology. 1st European Symposium on Aerobiology*, 11-13 Septiembre, Santiago de Compostela. España.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J., TRIGO, M.M., CABEZUDO, B., RECIO, M., VEGA, J.M., BARBER, D., CARMONA, M.J., CERVERA, J.A., TORO, F.J. & MIRANDA, A. (1997). Pollinosis

- due to Australian pine (*Casuarina*): an aerobiologic and clinical study in southern Spain. *Allergy* 52: 11-17.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J., BARTOLOMÉ, B., TRIGO, M.M., BARCELÓ, J.M., FERNÁNDEZ, S., NEGRO, M.A., CARMONA, M.J., VEGA, J.M., MUÑOZ, C., PALACIOS, R., CABEZUDO, B. & MARTÍNEZ, J. (1999). Pollinosis to *Ricinus communis* (castor bean): an aerobiological, clinical and immunochemical study. *Clin Exp Allergy* 29: 1265-1275.
- GARCÍA-MOZO, H., PÉREZ-BADÍA, R., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. & GALÁN, C. (2006). Airborne pollen sampling in Toledo, Central Spain. *Aerobiologia* 22: 55-66.
- GARCIA-ORTEGA, P., MARTÍNEZ, J., MARTÍNEZ, A., PALACIOS, R., BELMONTE, J. & RICHART, C. (1992). *Mercurialis annua* pollen: A new source of allergic sensitization and respiratory disease. *J Allergy Clin Immunol* 89 (5): 987-993.
- GARCIA-ORTEGA, P. & BELMONTE, J. (2002). Mercurial. pp: 83-89. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- GASSMANN, M., PÉREZ, C. & GARDIOL, J. (2002). Sea-land breeze in a coastal city and its effect on pollen transport. *Int J Biometeorol* 46: 118-125.
- GEHRIG, R. & PEETERS, A. (2000). Pollen distribution at elevations above 1000 m in Switzerland. *Aerobiologia* 16: 69-74.
- GINO, A., IRDI, J., RICHARD, J. & CURT, M.W. (2002). Pollen and fungal spore sampling and analysis. *Grana* 41: 44-47.
- GONIANAKIS, M., NEONAKIS, I., DARIVIANAKI, E., GONIANAKIS, I., BOUROS, D. & KONTOU-FILI, K. (2005). Airborne Ascomycotina on the island of Crete: seasonal patterns based on an 8-year volumetric survey. *Aerobiologia* 21: 69-74.
- GONZÁLEZ, E.M., VILLALBA, M. & RODRÍGUEZ, R. (2000). Allergenic cross-reactivity of olive pollen. *Allergy* 55 (7): 658-663.
- GONZÁLEZ-MINERO, F.J., CANDAU, P., PÉREZ TELLO, M. & CARRASCO, M. (2002). Aerobiología en Andalucía: estación de Huelva (2000-2001). *Rea* 7: 71-76.
- GÓRNY, R.L., REPONEN, Y., WILLEKE, K., SCHMECHEL, D., ROBINE, E., BOISSIER, M. & GRINSHPUN, S.A. (2002). Fungal fragments as indoor air biocontaminants. *Appl Environ Microbiol* 68 (7): 3522-3531.
- GOTS, R.E., LAYTON, N.J. & PIRAGES, S.W. (2003). Indoor health: background levels of fungi. *AIHA J* 64: 427-438.
- GRANT SMITH, E. (1984). *Sampling and identifying allergenic pollens and mold. Volume I.* Blewstone Press, Texas, USA.
- GRANT SMITH, E. (1986). *Sampling and identifying allergenic pollens and mold. Volume II.* Blewstone Press, Texas, USA.
- GREGORY, P.H. (1973). *The microbiology of the atmosphere.* Ed. Leonard Hill. Plymouth. UK.
- GRILLI, M., MAZZITELLI, A., CAPUCCI, E. & TRAVAGLINI, A. (2002). Monitoring pollinosis and airborne pollen in Rome university. *Aerobiologia* 18: 267-275.

- GROTH, I., VETTERMANN, R., SCHUETZE, B., SCHUMANN, P. & SÁIZ-JIMÉNEZ, C. (1999). Actinomycetes in karstic caves of northern Spain (Altamira and Tito Bustillo). *J Microbiol Methods* 36: 115-122.
- GROTH, I., SCHUMANN, P., LAIZ, L., SÁNCHEZ-MORAL, S., CAÑAVERAS, J.C. & SÁIZ-JIMÉNEZ, C. (2001). Geomicrobiological study of the Grotta dei Cervi, Porto Badisco, Italy. *Geomicrobiol J* 18: 241-258.
- GUERRA, F., DAZA, J.C., MIGUEL, R., MORENO, C., GALÁN, C., DOMÍNGUEZ, E. & SÁNCHEZ-GUIJO, P. (1996). Sensivity to *Cupressus*: allergenic significance in Córdoba (Spain). *J Investig Allergol Clin Immunol* 6 (2): 117-120.
- GUERRA-MERCHÁN, A. (1998). Los suelos de la provincia de Málaga. pp: 113-131. In: REBOLLO, M., SERRANO, F., NIETO, J.M. & CABEZUDO, B. (eds). *Itinerarios por espacios naturales de la provincia de Málaga. Una aproximación al conocimiento de su geología y su botánica*. Servicio de publicaciones e intercambio científico de la universidad de Málaga, Málaga, España.
- GUERRA-MERCHÁN, A., CARRASCO, F., SERRANO, F., DURÁN, J., LIÑÁN, C. & VADILLO, I. (2004). Itinerario geológico por el entorno de Nerja y su Cueva. pp: 211-225. In: SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (eds). *Geología de la provincia de Málaga*. Servicio de publicaciones de la diputación de Málaga, Málaga, España.
- GUILLARTE, M. (2002). Compuestas/Asteráceas. pp: 53-68. In: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- GUPTA, A.K., AHMAD, I. & SUMMERBELL, R.C. (2002) Fungicidal activities of commonly used disinfectants and antifungal pharmaceutical spray preparations against clinical strains of *Aspergillus* and *Candida* species. *Med Mycol* 40: 201-208.
- GUTIÉRREZ BUSTILLO, M., CERVIGÓN, P. & PERTIÑEZ, C. (2002). Aerobiología en Madrid: estación de Ciudad Universitaria (2000-2001). *Rea* 7: 225-230.
- GÜVENSEN, A. & ÖZTÜRK, M. (2002). Airborne pollen calendar of Buca-Izmir, Turkey. *Aerobiologia* 18: 229-237.
- HAMEED, A., AWAD, A. & FARAG, S.A. (1999). An indoor bio-contaminants air quality. *Int J Environ Health Res* 9: 313-319.
- HARRIES, M. G., LACEY, J., TEE, R. D., CAYLEY, G. R. & NEWMAN TAYLOR, A. J. (1985). *Didymella exitialis* and late summer asthma. *The Lancet* 1(8437): 1063-1066.
- HASNAIN, S.M. (1993). Influence of meteorological factors on the air spora. *Grana* 32: 184-188.
- HAWKSWORTH, D. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimated revisited. *Mycol. Res.* 105 (12): 1422-1432.
- HELBLING, A., GAYER, F., PICHLER, W. & BRANDER, K. (1998). Mushroom (Basidiomycete) allergy: diagnosis established by skin test and nasal challenge. *J. Allergy Clin. Immunol* 102 (5): 853-858.
- HERNÁNDEZ DE ROJAS, M.D., BASOMBA, A. & SUBIZA, E.. (1991). Allergenic pollen and pollinosis in Spain. pp: 189-196. In: D'AMATO, G., SPIEKSMÁ, F.T.M & BONINI, S.

- (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- HERRERO, B., FOMBELLA-BLANCO, M.A., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, D. & VALENCIA-BARRERA, R.M. (1996). Aerobiological study of fungal spores from Palencia (Spain). *Aerobiologia* 12: 27-35.
- HIRST, J.M. (1952). An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.* 39 (2): 257-265.
- HIRST, J.M. (1953). Changes in atmospheric spore content: diurnal periodicity and the effects of weather. *Trans Br Mycol Soc* 36 (4): 375-393.
- HOFFMANN-SOMMERGRUBER, K., DEMOLY, P., CRAMERI, R., BREITENEDER, H., EBNER, C., DA CAMARA MACHADO, M.L., BLASER, K., ISMAIL, C., SCHEINER, O., BOUSQUET, J. & MENZ, G. (1999). IgE reactivity to Api g 1, a major celery allergen, in a Central European population is based on primary sensitization by Bet v 1. *J Allergy Clin Immunol* 104 (2): 478-484.
- HOLLINS, P., KETTLEWELL, P., ATKINSON, M., STEPHENSON, D., CORDEN, J., MILLINGTON, W. & MULLINS, J. (2004). Relationship between airborne fungal spore concentration of *Cladosporium* and summer climate at two sites in Britain. *Int. J. Biometeorol.* 48: 137-141.
- IACOVACCI, P., AFFERNI, C., BARLETTA, B., TINGHINO, R., DI FELICE, G., PINI, C. & MARI, A. (1998). *Juniperus oxicedrus*: A new allergenic pollen from the Cupressaceae family. *J Allergy Clin Immunol* 101 (6): 755-761.
- IBÁÑEZ, V., ROJAS, G. & ROURE, J. (2001). Airborne fungi monitoring in Santiago, Chile. *Aerobiologia* 17: 137-142.
- ICKOVIC, M.R. & THIBAUDON, M. (1991). Allergenic significance of Fagaceae pollen. pp: 98-108. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- IGLESIAS, I., JATO, V., AIRA, M.J., SBAI, L., VALENCIA, R., RECIO, M., SABARIEGO, S., CERVIGÓN, P. & CARIÑANOS, P. (1999). Annual variations of *Castanea* airborne pollen at thirteen Spanish sites. *Polen* 10: 49-56.
- IGLESIAS, I., RODRÍGUEZ-RAJO, J. & MÉNDEZ, J. (2007). Evaluation of the different *Alternaria* prediction models on a potato crop in A Limia (NW of Spain). *Aerobiologia* 23: 27-34.
- INFANTE, F., GALÁN, C., DOMÍNGUEZ, E., ANGULO, J. & MEDIAVILLA, A. (1992). Air spore microfungi dwellings of south of Spain. *Aerobiologia* 8 (2): 245-253.
- INFANTE, F.; CASTRO, A.; DOMÍNGUEZ, E.; GUÁRDIA, A.; MÉNDEZ, J.; SABARIEGO, S. & VEGA, A. (1999). A comparative study of the incidence of *Cladosporium* conidia in the atmosphere of five Spanish cities. *Polen* 10: 17-25.
- INGOLD, C.T. (1999). Active liberation of reproductive units in terrestrial fungi. *Mycologist* 13: 113-116.
- JÄGER, S. (1988). EANS – European Aeroallergen Network Server. *Aerobiologia* 4: 16-19.

- JATO, V., RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. & SEIJO, M.C. (2000). *Pinus* pollen in the atmosphere of Vigo and its relationship to meteorological factors. *Int J Biometeorol* 43: 147-153.
- JATO, V., AIRA, M.J., DOPAZO, A., IGLESIAS, M.I., MÉNDEZ, J. & RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. (2001a). Aerobiology of *Castanea* pollen in Galicia. *Aerobiologia* 17: 233-240.
- JATO, V., IGLESIAS, I. & AIRA, M.J. (2001b). *Atlas de polen alergógeno. Datos aerobiológicos de Galicia (1993-1999)*. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, La Coruña, España. 244pp.
- JATO, V., MÉNDEZ, J., RODRÍGUEZ-RAJO, J. & SEIJO, C. (2002). The relationship between the flowering phenophase and airborne pollen of *Betula* in Galicia (N.W. Spain). *Aerobiologia* 18 (1): 55-64.
- JATO, V., RODRÍGUEZ-RAJO, J., DACOSTA, N. & AIRA, M.J. (2004). Heat and chill requirements of *Fraxinus* flowering in Galicia (NW Spain). *Grana* 43: 217-223.
- JATO, V., RODRÍGUEZ-RAJO, F.J., ALCÁZAR, P., DE NUNTIIS, P., GALÁN, C. & MANDRIOLI, P. (2006). May the definition of pollen season influence aerobiological results?. *Aerobiologia* 22: 13-25.
- JOHNSEN, C.R., RASMUSSEN, A., WEEKE, E.R. (1991). Allergenic pollen and pollinosis in Denmark. pp: 151-158. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.H.M. & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Blackweell Scientific Publications, Oxford, England.
- JONES, A.M. & HARRISON, R.M. (2004). The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations – a review. *Sci. Total Environ.* 326: 151-180.
- JUSSILA, J. & KOMULAINEN, H. (2002) Spores of *Aspergillus versicolor* isolated from indoor air of moisture-damaged building provoke acute inflammation in mouse lungs. *Inhal Toxicol* 14: 1261-1277.
- KAKDE, U., KAKDE, H. & SAOJI, A. (2001). Seasonal variation of fungal propagules in a fruit market environment, Nagpur (India). *Aerobiologia* 17: 177-182.
- KÄPYLÄ, M. (1984). Diurnal variation of tree pollen in the air in Finland. *Grana* 23: 167-176.
- KÄPYLÄ, M. (1989). Adhesives and mounting media in aerobiological sampling. *Grana* 28: 215-218.
- KEYNAN, N., GELLER-BERNSTEIN, C., WAISEL, Y., BEJERANO, A., SHOMER-ILAN, A. & TAMIR, R. (1987). Positive skin tests to pollen extracts of four species of *Pistacia* in Israel. *Clin Allergy* 17: 243-9.
- KEYNAN, N., TAMIR, R., WAISEL, Y., RESHEF, A., SPITZ, E., SHOMER-ILAN, A. & GELLER-BERNSTEIN, C. (1997). Allergenicity of the pollen of *Pistacia*. *Allergy* 52: 323-330.
- KIRK, P.M.; CANNON, P.F.; DAVID, J.C. & STALPERS, J.A. (2001). *Ainsworth and Bisby's Dictionary of Fungi*. 9th Ed. CAB International. Wallingford, UK. 655pp.
- KODSUEB, R., LUMYONG, S., LUMYONG, P., MCKENZIE, E., HO, W. & HYDE, K. (2004). *Acanthostigma* and *Tubeufia* species, including *T. claspisphaeria* sp. nov., from submerged wood in Hong Kong. *Mycologia* 96 (3): 667-674.

- KOILRAJ, A. J., MARIMUTHU, G., NATARAJAN, K., SARAVANAN, S., MARAN, P. & HSU, M. J. (1999). Fungal diversity inside caves of southern India. *Curr. Sci.* 77, (8): 1081-1084.
- KORPI, A., PASANEN, A.L., PASANEN, P. & KALLIOKOSKI, P. (1997) Microbial growth and metabolism in house dust. *Int Biodeterior Biodegradation* 40: 19-27.
- KULMALA, M., ASMI, A. & PIRJOLA, L. (1999). Indoor air aerosol model: the effect of outdoor air, filtration and ventilation on indoor concentrations. *Atmos Environ* 33: 2133-2144.
- KUO, Y.M. & LI, C.S. (1994). Seasonal fungus prevalence inside and outside of domestic environments in the subtropical climate. *Atmos Environ* 28 (19): 3125-3130.
- KURUP, V.P. & BANERJEE, B. (2000). Fungal allergens and peptide epitopes. *Peptides* 21: 589-599.
- KURUP, V.P., SHEN, H.D. & VIJAY, H. (2002). Immunobiology of fungal allergens. *Arch Allergy Immunol* 129 (3): 181-188.
- LA SERNA, I. & DOMÍNGUEZ, M. (2003). *Pólenes y esporas aerovagantes en Canarias: incidencia en alergias*. Servicio de Publicaciones Universidad de La Laguna. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España. 248pp.
- LACEY, M. & WEST, J. (2006). *The air spora. A manual for catching and identifying airborne biological particles*. Ed. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 156pp.
- LATORRE, F. & BELMONTE, J. (2004). Temporal and spatial distribution of atmospheric Poaceae pollen in Catalonia (NE Spain) in 1996-2001. *Grana* 43: 156-163.
- LAW, A.K.Y., CHAU, C.K. & CHAN, G.Y.S. (2001). Characteristics of bioaerosol profile in office buildings in Hong Kong. *Building Environ* 36: 527-541.
- LAYTON, J.L., YAMANAKA, E., LEE, S. & GREEN, T.W. (1962). Multiple allergies to the pollen and seed antigens of *Ricinus communis* (Castor bean). *Allergy* 33 (3): 232-235.
- LEE, T., GRINSHPUN, S.A., KIM, K.Y., IOSSIFOVA, Y., ADHIKARI, A. & REPONEN, T. (2006). Relationship between indoor and outdoor airborne fungal spores, pollen, and (1→3)-β-D-glucan in homes without visible mold growth. *Aerobiologia* 22: 227-236.
- LEHRER, S., LÓPEZ, M., BUTCHER, B., OLSON, J. REED, M. & SALVAGGIO, J. (1986). Basidiomycete mycelia and spore-allergen extracts: skin test reactivity in adults with symptoms of respiratory allergy. *J Allergy Clin Immunol* 78 (3): 478-485.
- LEHTONEN, M., REPONEN, T. & NEVALAINEN, A. (1993) Everyday activities and variation of fungal spore concentrations in indoor air. *Int. Biodeterior Biodegradation* 31: 25-39.
- LEVETIN, E. & BUCK P. (1980). Hay fever plants in Oklahoma. *Ann Allergy* 45 (1): 26-32.
- LEWIS, W.H. & IMBER, W.E. (1975). Allergy epidemiology in the St. Louis, Missouri, area. III. Trees. *Ann Allergy* 35: 113-119.
- LEWIS, W.H., VINAY, P. & ZENGER, V.E. (1983). *Airborne and allergenic pollen of North America*. Johns Hopkins University press, London.
- LI, C.S. & LIN, Y.C. (1999). Sampling performance of impactors for fungal spores and yeast cells. *Aerosol Science and Technology* 31: 226-230.

- LI, S., HARTMAN, G., JARVIS, B. & TAK, H. (2001). A *Stachybotrys chartarum* isolate from soybean. *Mycopathologia* 154: 41–49.
- LINSKENS, H.F. & CRESTI, M. (2000). Pollen-allergy as an ecological phenomenon: a review. *Plant Biosystems* 134 (3): 341-352.
- LIÑÁN, C., CARRASCO, F., ANDREO, B., JIMÉNEZ DE CISNEROS, C. & CABALLERO, E. (2002). Caracterización isotópica de las aguas de goteo de la Cueva de Nerja y de su entorno hidrogeológico (Málaga, sur de España). pp: 243-249. In: CARRASCO, F., DURÁN, J.J. & ANDREO, B. (Eds). *Karst and environment*. Fundación Cueva de Nerja, Málaga.
- LIZASO, M.T., GARCÍA, B.E., GÓMEZ, B., ZABALEGUI, A. RODRÍGUEZ, M.J. & TABAR, A.I. (2003). Tratamiento de la alergia a hongos. *Anales del sistema sanitario de Navarra* 26 (2): 129-139.
- LORENZONI-CHIESURA, F., GIORATO, M. & MARCER, G. (2000). Allergy to pollen of urban cultivated plants. *Aerobiologia* 16: 313-316.
- LOSA, T.M. (1954). Aportación al estudio de la flora micológica española. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 12 (1): 265-297.
- LUENGO, O. (2002). Cupresáceas. pp: 129-138. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- LLAMAS, F. & TERRÓN, A. (2003). *Atlas fotográfico de los hongos de la Península Ibérica*. Ed. Celarayn, León, España. 547p.
- MAAK, K. & VON STORCH, H. (1997). Statistical downscaling of monthly mean air temperature to the beginning of flowering of *Galanthus nivalis* L. in Northern Germany. *Int. J. Biometeorol.* 41: 5-12.
- MACQUIDDY, E.L. (1955). Northern prairies and plains (Iowa, Nebraska, and the Dakotas). pp: 183-195. In: SAMTER, M., DURHAM, O.C. (eds). *Regional allergy of United States, Canada, Mexico & Cuba*. Springfield, Ill.: C.C. Thomas.
- MADELIN, T.M. (1994). Fungal aerosols: a review. *J Aerosol Sci* 25 (8): 1405-1412.
- MAKINEN, Y. (1981). Random sampling in the study of microscopic slides. *Rep Aerobiol Lab Univ Turku* 5: 27-43.
- MANDRIOLI, P. (1990). The Italian Aeroallergen Network. Sampling and counting method. *Aerobiologia* 6 (2): 5-7.
- MANDRIOLI, P. & ARIATTI, A. (2001). Aerobiology: future course of action. *Aerobiologia* 17: 1-10.
- MALONEY, E.S. & BRODKEY, M.H. (1940). Hemp pollen sensitivity in Omaha. *Nebraska Med J* 25: 190-191.
- MARI, A., DI FELICE, G., AFFERNI, C., BARLETTA, B., TINGHINO, R., SALLUSTO, F., & PINI, C. (1995). Assessment of skin prick test and serum specific IgE detection in the diagnosis of Cupressaceae pollinosis. *J Allergy Clin Immunol* 98 (1): 21-31.

- MARCOS, C., RODRÍGUEZ-RAJO, F.J., LUNA, I., JATO, V. & GONZÁLEZ, R. (2001). *Pinus* pollen aerobiology and clinical sensitization in northwest Spain. *Ann Allergy Asthma Immunol* 87 (1): 39-42.
- MARTÍN, A. & LUNA, J. (1994). *Bioestadística para las Ciencias de la Salud*. Ediciones Norma, S.A. Las Rozas, Madrid, España.
- MAY, K.R. (1945). The Cascade Impactor: An Instrument for Sampling Coarse Aerosols. *J. Sci Instrum* 22: 187-195.
- MCDEVITT, J.J., LEES, P.S.J., MERZ, W.G. & SCHWAB, K.J. (2004). Development of a method to detect and quantify *Aspergillus fumigatus* conidia by quantitative PCR for environmental air samples. *Mycopathologia* 158: 325-335.
- MACDONALD, M. (1980). Correlation of air-borne grass pollen levels with meteorological data. *Grana* 19: 53-56.
- MEKLIN, T., HYVÄRINEN, A., TOIVOLA, M., REPONEN, T., KOPONEN, V., HUSMAN, T., TASKINEN, T., KORPPI, M. & NEVALAINEN, A. (2003). Effect of building frame and moisture damage on microbiological indoor air quality in school buildings. *AIHA J* 64: 108-116.
- MÉNDEZ, J., IGLESIAS, I., JATO, V. & AIRA, M.J. (1997). Variación del contenido de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en la atmósfera de la ciudad de Ourense (años 1993-1994). *Polen* 8: 79-88.
- MÉNDEZ, J., RODRÍGUEZ-RAJO, J. & IGLESIAS, I. (2002). Aerobiología en Galicia: estación de Ourense (2000-2001). *Rea* 7: 207-212.
- 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: 115-123.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2006. Anuario de estadística Agroalimentaria 2004. Cap 17. Olivar. Enero 2007. http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/Anu_04/indice.asp?parte=2&capitulo=17.
- MIRANDA, E.E. (2002). Plátano de sombra. pp: 149-154. In: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- MITAKAKIS, T. & GUEST, D. (2001). A fungal calendar for the atmosphere of Melbourne, Australia, for the year 1993. *Aerobiologia* 17: 171-176.
- MONTE, M. & FERRARI, R. (1993). Biodeterioration in subterranean environments. *Aerobiologia* 9: 141-148.
- MORAL, A., SENENT, C., CABANES, N., GARCÍA, Y. & GÓMEZ-SERRANILLOS, M. (1998). Pólenes alergénicos y polinosis en Toledo durante 1995-1996. *Alergol Inmunol Clin* 13 (2): 126-134.
- MORALES, J. (2004). *Estudio aerobiológico de las esporas de hongos en la atmósfera de Sevilla y su relación con las variables climáticas*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 385pp.

- MORALES, J., GONZÁLEZ-MINERO, F.J., CARRASCO, M., OGALLA, V.M. & CANDAU, P. (2006). Airborne basidiospores in the atmosphere of Seville (South Spain). *Aerobiologia* 22: 127-134.
- MORENO, G., GARCÍA, J.L. & ZUGAZA, A. (1986). *La guía Incafo de los hongos de la Península Ibérica*. Ed. Incafo, Madrid, España.
- MORRIS, G., KOKKI, M.H., ANDERSON, K. & RICHARDSON, M.D. (2000). Sampling of *Aspergillus* spores in air. *Journal of Hospital Infection* 44: 81-92.
- MUNUERA, M., CARRIÓN, J. & GARCÍA-SELLÉS, J. (1998). Winter blooming of *Artemisia*. A 2-year survey in Murcia. *Aerobiologia* 14: 109-116.
- MUNUERA, M., CARRIÓN, J. & GARCÍA-SELLÉS, J. (1999). Aerobiology of *Artemisia* airborne pollen in Murcia (SE Spain) and its relationship with weather variables: annual and intradiurnal variations for three different species. Wind vectors as a tool in determining pollen origin. *Int J Biometeorol* 43: 51-63.
- MUNUERA, M., CARRIÓN, J. & NAVARRO, C. (2002). Seasonal fluctuations of the airborne pollen spectrum in Murcia (SE Spain). Some peculiarities in the pollen calendar. *Aerobiologia* 18: 141-151.
- MUÑOZ, A., SILVA, I., TORMO, R., MORENO, A. & TAVIRA, J. (2000). Dispersal of Amaranthaceae and Chenopodiaceae pollen in the atmosphere of Extremadura (SW Spain). *Grana* 39: 56-62.
- MUÑOZ, A., TORMO, R., SILVA, I., MORENO, A. & TAVIRA, J. (2005). Airborne behaviour of *Echium* pollen. *Aerobiologia* 21: 125-130.
- MUÑOZ, A., SILVA, I., TORMO, R. & MORENO, A. (2006). *Urtica membranacea* and the importance of its separation from the rest of the Urticaceae in aeropalynological studies carried out in the Mediterranean region. *Plant Biosyst* 140 (3): 321-332.
- MYCOBANK. 2004. Fungal nomenclature website. Marzo de 2007. <http://www.mycobank.org/MycoTaxo.aspx>
- MYSZKOWSKA, D., STĘPALSKA, D., OBTUŁOWICZ, K. & PORĘBSKI, G. (2002). The relationship between airborne pollen and fungal spore concentrations and seasonal pollen allergy symptoms in Cracow in 1997-1999. *Aerobiologia* 18: 153-161.
- NIETO, J.M., PÉREZ LATORRE, A. & CABEZUDO, B. (1991a). Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España). *Acta Bot. Malacitana*, 16 (2): 417-436.
- NIETO, J.M., TRIGO, M.M., SALVO, E. & CABEZUDO, B. (1991b). Consideraciones botánicas sobre la Cueva de Nerja. pp: 20-41. In: CARRASCO, F. & MARÍN, F. (eds). *Investigación biológica y edafológica de la Cueva de Nerja (Málaga)*. Trabajos sobre la Cueva de Nerja, 2. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga, España.
- NIETO-LUGILDE, D., DÍAZ DE LA GUARDIA, C., ALBA, F. & LINARES, C. (2004). Aerobiología en Andalucía: estación de Motril (2003). *Rea* 8 (en prensa).
- NILSSON, S. (1992). Aerobiology: An interdisciplinary and limitless science. *Ind J Aerobiol* special volume: 23-27.

- NITIU, D. & MALLO, A. (2002). Incidence of allergenic pollen of *Acer* spp., *Fraxinus* spp. and *Platanus* spp. in the city of La Plata, Argentina: preliminary results. *Aerobiologia* 18: 65-71.
- NORTHUP, D.E. & LAVOIE, H. (2001). Geomicrobiology of Caves: A review. *Geomicrobiol J* 18: 199-222.
- ORTEGA, A. (2004). Hongos. pp 14-157. In: RODRÍGUEZ, F. (ed). *Proyecto Andalucía. Naturaleza. Tomo XXI. Botánica II*. Ed. Publicaciones comunitarias-Grupo Hércules. Sevilla. España.
- OSVATH, P. (1991). Allergenic pollen and pollinosis in Hungary. pp 172-175. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- PAREDES, M.M., MARTÍNEZ, J.F., MUÑOZ, A.F., TORMO, R. & SILVA, I. (1998). Presencia de esporas de *Ustilago* (Basidiomycetes) en el aire de Badajoz. *Polen* 9: 35-42.
- PASANEN, A., PASANEN, P., JANTUNEN, M.J. & KALLIOKOSKI, P. (1991). Significance of air humidity and air velocity for fungal spore release into the air. *Atmos Environ* 25 (2): 459-462.
- PATEL, R., ROBERTS, G.D., KELLY, D.G. & WALKER, R.C. (1995). Central venous catheter infection due to *Ustilago* species. *Clin Infect Dis*. 21: 1043-1044.
- PAUGAM, A., BAIXENCH, M.T., MECHKOUR, B. & DUPOUY-CAMET, J. (1999). Comments on airborne *Aspergillus* and incidence of invasive aspergillosis. *Med Mycol* 37: 373-374.
- PAULINO, R. TORMO, R., SILVA, I. & MUÑOZ, A.F. (2002). Aerobiología en Extremadura: estación de Cáceres (2000-2001). *Rea* 7: 177-182.
- PEDERSEN, B.V. & MOSEHOLM, L. (1993). Precision of the daily pollen count. Identifying sources of variation using variance component models. *Aerobiologia* 9: 15-26.
- PÉREZ LATORRE, A., NAVAS FERNÁNDEZ, D., GAVIRA, O., CABALLERO, G. & CABEZUDO, B. (2004). Vegetación del Parque Natural de las Sierras Tejeda, Almijara y Alhama (Málaga-Granada, España). *Acta Bot. Malacitana* 29: 117-190.
- PERKINS, W.A. (1957). The Rotorod sampler. *Second semi-annual report of the Aerosol Laboratory*. CML 186. Dept. of Chemistry and Chemical Engineering, Stanford University, Palo Alto, California, USA. 66pp.
- PITT, J.I. (2000). Toxicogenic fungi: which are important?. *Med Mycol* 38: 17-22.
- PORTNOY, J.M.; FLAPPAN, S. & BARNES, C.S. (2001). A procedure for evaluation of the indoor environment. *Aerobiologia* 17: 43-48.
- PRADOS, M., ARAGÓN, R., CARRANCO, M.I., MARTÍNEZ, A. & MARTÍNEZ, J. (1995). Assessment of sensitization to holm oak (*Quercus ilex*) pollen in the Mérida area (Spain). *Allergy* 50 (5): 456-459.
- PRIETO, J., DE PABLOS, L., DOMÍNGUEZ, E. & GALÁN, C. (2002). Aerobiología en Ciudad Real: estación de Ciudad Real (2000-2001). *Rea* 7: 113-118.
- PUTTERILL, J., LAURIE, R. & MACKNIGHT, R. (2004). It's time to flower: the genetic control of flowering time. *BioEssays* 26: 363-373.
- PYRRI, I. & KAPSANAKI-GOTSI, E. (2007). A comparative study on the airborne fungi in Athens, Greece, by viable and non-viable sampling methods. *Aerobiologia* 23: 3-15.

- RADAUER, C. & BREITENEDER, H. (2006). Pollen allergens are restricted to few protein families and show distinct patterns of species distribution. *J Allergy Clin Immunol* 117 (1): 141-147.
- RADWAN, R.A., BARAKAT, M.M., SELIM, M.A. & FOUDA, E.E. (2006). Date palm pollen: a significant asthma and allergy inducer. *J Allergy Clin Immunol* 17 (2): S111.
- RAINER, J., PEINTNER, U. & PÖDER, R. (2000). Biodiversity and concentration of airborne fungi in a hospital environment. *Mycopathologia* 149: 87-97.
- RAMÍREZ, F., GUTIÉRREZ, J.M. & DURÁN, J.A. (1985). Descripción de la cavidad. pp: 50-84. In: SOCIEDAD EXCURSIONISTA DE MÁLAGA (eds). *La Cueva de Nerja*. Sociedad grupo de espeleólogos granadinos, Maracena, Granada, España.
- RAZMOVSKI, V., TIMOTHY, O., HJELMROOS, M., MARKS, G. & TOVEY, E. (1998). Adhesive tapes as capturing surfaces in Burkard sampling. *Grana* 37: 305-310.
- RECIO, M. (1995). *Análisis polínico de la atmósfera de Málaga (1991-1994). Relación con los parámetros meteorológicos*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Málaga, Málaga, España. 427p.
- RECIO, M., CABEZUDO, B., TRIGO, M.M. & TORO, F.J. (1996a). *Olea europaea* pollen in the atmosphere of Málaga (S. Spain) and its relationship with meteorological parameters. *Grana* 35: 307-312.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. (1996b). Caracterización del contenido polínico invernal de la atmósfera de Málaga. *Acta Bot Malacitana* 21: 65-70.
- RECIO, M., CABEZUDO, B., TRIGO, M.M. & TORO, F.J. (1997a). Accumulative air temperature as a predicting parameter for daily airborne olive pollen (*Olea europaea* L.) during the pre-peak period in Málaga (Western Mediterranean area). *Grana* 36: 44-48.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. (1997b). Incidencia del polen de *Plantago* en la atmósfera de Málaga y su relación con los parámetros meteorológicos. *Acta Bot Malacitana* 22: 103-113.
- RECIO, M., CABEZUDO, B., TRIGO, M.M. & TORO, F.J. (1998a). Pollen calendar of Malaga (southern Spain), 1991-1995. *Aerobiologia* 14: 101-107.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. (1998b). Incidencia del polen de Chenopodiaceae-Amaranthaceae en la atmósfera de Málaga y su relación con los parámetros meteorológicos. *Acta Bot Malacitana* 23: 121-131.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. (1999). Incidencia del polen de *Quercus* en la atmósfera de Málaga y su relación con los parámetros meteorológicos. *Acta Bot Malacitana* 24: 77-88.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., TORO, F.J., DOCAMPO, S. & CABEZUDO, B. (2000). Estudio aerobiológico de la localidad de Antequera (Málaga, España): 1998-1999. *Acta Bot Malacitana* 25: 165-174.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., DOCAMPO, S. & CABEZUDO, B. (2001). Análisis del contenido aeropolínico estival en la provincia de Málaga. *Acta Bot Malacitana* 26: 89-98.

- RECIO, M.; TRIGO, M.M.; BOOTELLO, L.; DOCAMPO, S. & CABEZUDO B. (2002a). *Comparative analysis and predictive models for daily and weekly fluctuations of airborne fungal spores: Alternaria and Cladosporium*. Abstracts 7th Internacional Congress on Aerobiology, pp. 144. Montebello, Canada.
- RECIO, M.; TRIGO, M.M.; DOCAMPO, S. & CABEZUDO B. (2002b). *Modelos predictivos para las concentraciones diarias del polen de Olea y gramíneas en Málaga*. Libro de resúmenes del XIV Simposio de Palinología de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española (APLE), pp. 29-30. Salamanca, España.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., DOCAMPO, S. & CABEZUDO, B. (2002c). Aerobiología en Andalucía: estación de Málaga (2000-2001). *Rea* 7: 83-88.
- RECIO, M., TRIGO, M.M., DOCAMPO, S., MELGAR, M. & CABEZUDO, B. (2004). Aerobiología en Andalucía: estación de Málaga (2000-2001). *Rea* 8 (en prensa).
- RECIO, M.; TRIGO, M.M., TORO, F.J., DOCAMPO, S., GARCÍA-GONZÁLEZ, J.J. & CABEZUDO, B. (2006). A three-year aeropalynological study in Estepona (southern Spain). *Ann Agric Environ Med* 13: 201-207.
- REILLE, M. (1992). *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord*. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille, Francia.
- REINERIA, M.; IGLESIAS, I. & JATO, V. (1998). Seasonal variation of airborne fungal spore concentrations in a vineyard of North-West Spain. *Aerobiologia* 14: 221-227.
- REPONEN, T. (1995). Aerodynamic diameters and respiratory deposition estimates of viable fungal particles in mold problem dwellings. *Aerosol Science and Technology* 22: 11-23.
- REPONEN, T., WILLEKE, K., ULEVICIUS, V., REPONEN, A. & GRINSHPUN, S.A. (1996). Effect of relative humidity on the aerodynamic diameter and respiratory deposition of fungal spores. *Atmos Environ* 30 (23): 3967-3974.
- REPONEN, T., GRINSHPUN, S.A., CONWELL, K.L., WIEST, J. & ANDERSON, M. (2001). Aerodynamic versus physical size of spores: Measurement and implication for respiratory deposition. *Grana* 40: 119-125.
- RESANO, A., SANZ, M.L. & OEHLING, A. (1998). Sensitization to *Alternaria* and *Cladosporium* in asthmatic patients and its in vitro diagnostic confirmation. *J Invest Allergol Clin Immunol* 8 (6): 353-358.
- 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.
- RICHARDSON, M.J. (1996). The occurrence of airborne *Didymella* spores in Edinburgh. *Mycol Res* 100: 213-216.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1981). Les etages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Iberique. *Anal. Jard. Bot. Madrid* 37(2): 251-268.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Madrid, España.

- RIVAS-MARTÍNEZ, S. & RIVAS Y SÁENZ. PHYTOSOCIOLOGICAL RESEARCH CENTER. (1996-2007). Worldwide Bioclimatic Classification System. Noviembre 2007. <http://www.globalbioclimatics.org/station/>.
- RODRÍGUEZ, R., VILLALBA, M., BATANERO, E., PALOMARES, O. & SALAMANCA, G. (2007). Emerging pollen allergens. *Biomed Pharmacother* 61: 1-7.
- RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. (2000). *El polen como fuente de contaminación ambiental en la ciudad de Vigo*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal y Ciencia del Suelo. Universidad de Vigo, Orense, España. 502p.
- RODRÍGUEZ-RAJO, F.J., DACOSTA, N. & JATO, V. (2002a). Aerobiología en Galicia: estación de Lugo (2000-2001). *Rea* 7: 195-200.
- RODRÍGUEZ-RAJO, F.J., MÉNDEZ, J. & JATO, V. (2002b). Aerobiología en Galicia: estación de Vigo (2000-2001). *Rea* 7: 219-224.
- RODRÍGUEZ-RAJO, J., 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.
- RODRÍGUEZ-RAJO, J., DACOSTA, N. & JATO, V. (2004a). Airborne olive onset in Vigo (Northwest Spain): a survey to forecast the onset and daily concentrations of the pollen season. *Grana* 43: 101-110.
- RODRÍGUEZ-RAJO, J., IGLESIAS, I. & JATO, V. (2004b). Variation assessment of airborne *Alternaria* and *Cladosporium* spores at different bioclimatical conditions. *Mycol Res* 109: 1-11.
- RODRÍGUEZ-RAJO, J., IGLESIAS, I. & JATO, V. (2004c). Allergenic airborne pollen monitoring of Vigo (NW Spain) in 1995-2001. *Grana* 43: 164-173.
- ROWE, A.H. (1939). Pine pollen allergy. *J Allergy* 10: 377-378.
- RUIZ, L., DÍAZ DE LA GUARDIA, C., CANO, A. & CANO, E. (2002). Aerobiología en Andalucía: estación de Jaén (2000-2001). *Rea* 7: 77-82.
- RUIZ, L., DÍAZ DE LA GUARDIA, C. & CANO, E. (2004). Aerobiología en Andalucía: estación de Jaén (2002-2003). *Rea* 8 (en prensa).
- SABARIEGO, S., DÍAZ DE LA GUARDIA, C. & ALBA, F. (2000). The effect of meteorological factors on the daily variation of airborne fungal spores in Granada (southern Spain). *Int J Biometeorol* 44: 1-5.
- SABARIEGO, S., DÍAZ DE LA GUARDIA, C., ALBA, F. & MOTA, J.F. (2002). Aerobiología en Andalucía: estación de Almería (2000-2001). *Rea* 7: 33-38.
- SÁENZ, C. (1978). *Polen y esporas. Introducción a la palinología y vocabulario palinológico*. H. Blume. Madrid. España.
- SÁENZ, C. (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa* 25: 93-112.
- SAIZ-JIMÉNEZ, C. & SAMSON, R.A. (1981). Biodegradación de obras de arte. Hongos implicados en la degradación de los frescos del monasterio de la Rábida (Huelva). *Bot Macaronésica* 8-9: 255-264.

- SAN MIGUEL, M.M. (2002). Ricino. pp: 91-95. In: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- SÁNCHEZ, J., SMITH, M., EMBERLIN, J., ALLIT, U., CAULTON, E. & GALÁN, C. (2003). Characteristics of grass pollen seasons in areas of southern Spain and the United Kingdom. *Aerobiologia* 19: 243-250.
- SANCHIDRIAN, J.L. (1994). *Arte rupestre de la Cueva de Nerja*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga.
- SCHEFF, P.A., PAULIUS, V.K., CURTIS, L. & CONROY, L.M. (2000). Indoor air quality in a middle school, Part II: Development of emission factors for particulate matter and bioaerosols. *Appl Occup Environ Hyg* 15 (11): 835-842.
- SCHUSTER, E., DUNN-COLEMAN, N., FRISVAD, J.C. & DIJCK, P.W.M. (2002). On the safety of *Aspergillus niger* – a review. *Appl Microbiol Biotechnol* 59: 426-435.
- SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (2004a). Introducción: el territorio de la provincia de Málaga en el ámbito de la Cordillera Bética. pp: 13-20. In: SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (eds). *Geología de la provincia de Málaga*. Servicio de publicaciones de la diputación de Málaga, Málaga, España.
- SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (2004b). La zona interna. pp: 51-80. In: SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (eds). *Geología de la provincia de Málaga*. Servicio de publicaciones de la diputación de Málaga, Málaga, España.
- SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (2004c). Los materiales postorogénicos. pp: 81-92. In: SERRANO, F. & GUERRA-MERCHÁN, A. (eds). *Geología de la provincia de Málaga*. Servicio de publicaciones de la diputación de Málaga, Málaga, España.
- SHELTON, B.G., KIRKLAND, K.H., FLANDERS, W.D. & MORRIS, G.K. (2002). Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. *Appl Environ Microbiol* 68 (4): 1743-1753.
- SILVA, I., TORMO, R. & MUÑOZ, A.F. (2000). Influence of wind direction on pollen concentration in the atmosphere. *Int J Biometeorol* 44: 128-133.
- SILVA, I., MORENO, A., MUÑOZ, A.F. & TORMO, R. (2002). Aerobiología en Extremadura: estación de Badajoz (2000). *Rea* 7: 173-176.
- SIMERAY, J., MANDIN, D. & CHAUMONT, J.P. (2000). Annual variations of airborne fungal propagules in two wine cellars in French Jura. *Cryptogamie Mycol* 21 (3): 163-169.
- SIMMONS, R.B. (2003). The role of microscopy in indoor air quality investigations. *Microsc Microanal* 9 (Suppl 2): 1026-1027.
- SINGH, A. & SINGH, A.B. (1999). *Aspergillus* Spp. As an important occupational risk factor among susceptible individuals. *Aerobiologia* 15: 233-240.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. (1986). *Introducción a la estadística*. Ed. Reverté, S.A. Barcelona, España.
- SOLOMON, W.R. (1969). An appraisal of *Rumex* pollen as an aeroallergen. *J Allergy* 44 (1): 25-36.

- SOLOMON, W.R., BURGE, H.A. & BOISE, J.R. (1980). Performance of adhesives for rotating-arm impactors. *J. Allergy Clin. Immunol.* 65: 467-470.
- SPARKS, T.H., JEFFREE, E.P. & JEFFREE, C.E. (2000). An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int. J. Biometeorol.* 44: 82-87.
- SPIEKSMASMA, F.TH.M. (1991a). Regional European pollen calendars. pp: 49-65. In: D'AMATO, G., SPIEKSMASMA, F.TH.M. & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Blackweell Scientific Publications, Oxford, England.
- SPIEKSMASMA, F.TH.M. (1991b). Allergenic pollen and pollinosis in the Netherlands. pp: 203-206. In: D'AMATO, G., SPIEKSMASMA, F.TH.M. & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Blackweell Scientific Publications, Oxford, England.
- SPIEKSMASMA, F.TH.M. (1992). Allergological aerobiology. *Aerobiologia* 8 (1): 5-8.
- SPIEKSMASMA, F.TH.M. (1995). Outdoor atmospheric mould spores in Europe. *XVI European Congress of Allergology and Clinical Immunology, ECACI*: 625-630. Madrid, España.
- SPURGEON, J.C. (2003). A method for detecting fungal contaminants in wall cavities. *American Industrial Hygiene Association Journal* 64: 40-47.
- STERLING, D.A. & LEWIS, R.D. (1998). Pollen and fungal spores indoor and outdoor of mobile homes. *Ann Allergy Asthma Immunol* 80 (3): 279-285.
- STERLING, M., ROGERS, C. & LEVETIN, E. (1999). An evaluation of two methods used for microscopic analysis of airborne fungal spore concentrations from the Burkard Spore Trap. *Aerobiologia* 15: 9-18.
- STIX, E. & FERRETI, M.L. (1974). Pollen calendars of three locations in Western Germany. pp: 85-94. In: CHARPIN, J., SURINYACH, R. & FRANKLAND, W. (eds). *Atlas European des pollens allergisants*. Sandoz, París, Francia.
- STRASBURGER, E., NOLL, F., SCHENCK, H. & SCHIMPER, A.F.W. (actualizada por Sitte, P., Weiler, E.W., Kadereit, J.W., Bresinsky, A. & Körner, C.) (2004). *Tratado de Botánica*. 35ª edición. Ediciones Omega, Barcelona, España. 1134 p.
- SUBIZA, J., JEREZ, M., JIMÉNEZ, J.A., NARGANES, M.J., CABRERA, M., VARELA, S. & SUBIZA, E. (1995). Clinical aspects of allergic disease. Allergenic pollen and pollinosis in Madrid. *J Allergy Clin Immunol* 96 (1): 15-23.
- SUBIZA, J., BRITO, F., POLA, J., MORAL, A., FERNÁNDEZ, J., JEREZ, M. & FERREIRO, M. (1998). Pólenes alergénicos y polinosis en 12 ciudades españolas. *Rev Esp Alergol Inmunol Clín* 13 (2): 45-58.
- SUBIZA, J. & JERÉZ, M. (2002). Gramíneas. pp: 25-40. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- SULIAMAN, F.A., HOLMES, W.F., KWICK, S., KHOURI, F. & RATARD, R. (1997). Pattern of Immediate Type Hypersensitivity Reactions in the Eastern Province, Saudi Arabia. *Ann Allergy Asthma Immunol* 78 (4): 415-418.

- SUMMERFIELD, R.J., ELLIS, R.H., CRAUFURD, P.Q., AIMING, Q., ROBERTS, E.H. & WHEELER, T.R. (1997). Environmental and genetic regulation of flowering of tropical annual crops. *Euphytica* 96(1): 83-91.
- TAKAHASHI, T. (1997). Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan. *Mycopathologia* 139: 23-33.
- TARIQ, S.M., MATTHEWS, S.M., STEVENS, M. & HALIUN, E.A. (1996). Sensitization to *Alternaria* and *Cladosporium* by the age of four years. *Clin. Exp. Allergy* 26: 794-798.
- TAUBER, H. (1967). Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. *Rev Palaeobot Palynol* 3: 277-86.
- TEJEDOR, M.A., ROSADO, A., VILA, C., ALONSO, M., FERNÁNDEZ-RIVAS, M. & GONZÁLEZ-MANCEBO, E. (2004). Influence of Geographic Origin, Age and Gender in the Mono or Polisensitization to Pollens in the Southwest of Madrid Region (Spain). *J Allergy Clin Immunol* 113 (2): S223.
- THE UNIVERSITY OF ADELAIDE. 2006. Mycology Online. Fungal descriptions. Marzo de 2007. http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/
- TOMEI, J.F.C.H. & VAN DER WERF, T.S. (2001). Pulmonary aspergillosis. *Neth J Med* 59: 244-258.
- TORMO R., MUÑOZ, A. & SILVA, I. (1996). Sampling in aerobiology. Differences between traverses along the length of the slide in Hirst spore traps. *Aerobiology* 12: 161-166.
- TORO, F.J. (1997). *Estudio aerobiológico de la costa del Sol occidental: Málaga y Estepona (1995-1997). Análisis comparativo y modelos de pronóstico*. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Málaga, Málaga, España. 668p.
- TORO, F.J., TRIGO, M.M., RECIO, M. & CABEZUDO, B. (1997). Contenido polínico de la atmósfera de Estepona (Málaga): año 1996. *Acta Bot Malacitana* 22: 115-122.
- TORO, F.J., RECIO, M., TRIGO, M.M. & CABEZUDO, B. (1998). Predictive models in aerobiology: data transformation. *Aerobiologia* 14: 179-184.
- TORRECILLAS, M., GARCÍA, J.J., PALOMEQUE, M.T. MUÑOZ, C. BARCELÓ, J.M., DE LA FUENTE, J.L., CHICOTE, J.M. & MIRANDA, A. (1998). Prevalencia de sensibilizaciones en pacientes con polinosis en la provincia de Málaga. *Rev Esp Alergol Inmunol Clin* 13 (2): 122-125.
- TORTAJADA, B. & MATEU, I. (2002). Aerobiología en la Comunidad Valenciana: estación de Burjassot (2000-2001). *Rea* 7: 167-172.
- TRIGO, M.M. (1984). *Flora y vegetación de la Sierra de Nerja*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Málaga, Málaga, España. 174 p.
- TRIGO, M.M. (1989). Aportación al estudio palinológico de la flora ornamental de la ciudad de Málaga: Gimnospermas. *Acta Bot. Malacitana* 14: 238-244.
- TRIGO, M.M. & GARCÍA, I. (1990). Morfología polínica de plantas ornamentales. Leguminosas. *Acta Bot. Malacitana* 15: 45-67.

- TRIGO, M.M., FERNÁNDEZ RUIZ, M.C. & SALVO, A.E. (1990). Sobre la palinología de las especies anemófilas más frecuentes en bordes de caminos de la ciudad de Málaga. 355-362 pp. In: BLANCA, G., DÍAZ DE LA GUARDIA, M.C., FERNÁNDEZ, M., GARRIDO, M., RODRÍGUEZ GARCÍA, I. & ROMERO GARCÍA, A.T. (eds.). *Polen, esporas y sus aplicaciones. VII Simposio de Palinología, A.P.L.E.*, Granada, España, Septiembre 1988.
- TRIGO, M.M. (1992). *Flora ornamental y jardines de Málaga. Contribución al estudio polínico de especies con interés alergógeno*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga, Málaga, España.
- TRIGO, M.M. & FERNÁNDEZ, I. (1994). Contribución al estudio polínico de especies ornamentales con interés alergógeno cultivadas en Málaga: Dicotiledóneas. *Acta Bot. Malacitana* 19: 145-168.
- TRIGO, M.M. & FERNÁNDEZ, I. (1995). Contribución al estudio polínico de especies ornamentales con interés alergógeno cultivadas en Málaga: Monocotiledóneas. *Acta Bot. Malacitana* 20: 61-70.
- TRIGO, M.M., CABEZUDO, B., RECIO, M. & TORO, F.J. (1996a). Annual, daily and diurnal variations of Urticaceae airborne pollen in Málaga (Spain). *Aerobiologia* 12: 85-90.
- TRIGO, M.M., RECIO, M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. (1996b). Comportamiento estacional e intradiurno del polen de Poaceae en la atmósfera de Málaga y su relación con los parámetros meteorológicos. *Bot Macaronésica* 23: 131-142.
- TRIGO, M.M., RECIO, M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. (1997). Intradial fluctuation in airborne pollen in Málaga (S. Spain): a quantitative method. *Grana* 36: 39-43.
- TRIGO, M.M., RECIO, M., TORO, F.J., CAÑO, M., DOPAZO, M.A., GARCÍA, H., SABARIEGO, S., RUIZ, L. & CABEZUDO, B. (2000a). Annual variations of airborne *Casuarina* pollen in the Iberian Peninsula. *Polen* 10: 71-77.
- TRIGO, M.M., TORO, F.J., RECIO, M. & CABEZUDO, B. (2000b). A statistical approach to comparing the results from different aerobiological stations. *Grana* 39: 252-258.
- TRIGO, M.M., MELGAR, M., GARCÍA, J., RECIO, M., DOCAMPO, S. & CABEZUDO, B. (2007). *El polen en la atmósfera de Vélez-Málaga*. Concejalía de Medio Ambiente. Ayuntamiento de Vélez-Málaga. Málaga. España. 156p.
- TROUTT, C. & LEVETIN, E. (2001). Correlation of spring spore concentrations and meteorological conditions in Tulsa, Oklahoma. *Int J Biometeorol* 45: 64-74.
- TSAI, F., MACHER, J. & HUNG, Y. (2007). Biodiversity and concentrations of airborne fungi in large US office buildings from the BASE study. *Atmos Environ* 41: 5181-5191.
- VALDÉS, B., DÍEZ, M.J. & FERNÁNDEZ, I. (eds.). (1987). *Atlas polínico de Andalucía Occidental*. Instituto de desarrollo regional de la Universidad de Sevilla y Excm. Diputación de Cádiz, Sevilla, España.
- VAN OSDOL, T.J., HU, F., BARNES, C.S. & PORTNOY, J. (2004). The relationship between airborne ascospores, *Cladosporium* and rainfall events. *J Allergy Clin Immunol* 113 (2): S62.
- VAN VLIET, A.J.H., OVEREEM, A., GROOT, R.S., JACOBS, A.F.G. & SPIEKSMAN, F.T.M. (2002). The influence of temperature and climate change on the timing of pollen release in

- the Netherlands. *Int. J. Climatol.* 22: 1757-1767.
- VARELA, S., SUBIZA, J., SUBIZA, J.L., RODRÍGUEZ, R., GARCÍA, B., JEREZ, M., JIMÉNEZ, J.A. & PANZANI, R. (1997). *Platanus* pollen as an important cause of pollinosis. *J Allergy Clin Immunol* 100 (6): 748-754.
- VÁZQUEZ, L.M., GALÁN, C. & DOMÍNGUEZ, E. (2002). Aerobiología en Andalucía: estación de Córdoba (2000-2001). *Rea* 7: 59-64.
- VEGA, A.M., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, D., VALENCIA-BARRERA, R.M., FERNÁNDEZ, A.B., SANTOS, F. & LATASA, M. (2002a). Aerobiología en Castilla y León: estación de León (2000-2001). *Rea* 7: 119-124.
- VEGA, A.M., VALENCIA-BARRERA, R.M., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, D., FERNÁNDEZ, A.B., MENCIA, J. & DÍAZ, C. (2002b). Aerobiología en Castilla y León: estación de Ponferrada (2000-2001). *Rea* 7: 125-130.
- VIK, H., FLORVAAG, E. & ELSAYED, S. (1991). Allergenic significance of *Betula* (Birch) pollen. pp: 94-97. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- VIÑAS, M. (2002a). Betuláceas. pp: 121-128. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- VIÑAS, M. (2002b). Encina/Roble. pp: 143-148. IN: VALERO, A.L. & CADAHÍA, A. *Polinosis. Polen y alergia* (eds). mra ediciones. Barcelona. España.
- VON WAHL, P.G. & KERSTEN, W. (1991). *Fusarium* and *Didymella*-neglected spores in the air. *Aerobiologia* 7 (2): 111-117.
- WASEL, Y., MIENIS, Z., KOSMAN, E. & GELLER-BERNSTEIN, C. (2004). The partial contribution of specific airborne pollen to pollen induced allergy. *Aerobiologia* 20: 197-208.
- WANG, Z., REPONEN, T., GRINSHPUN, S.A., GÓRNY, R.L. & WILLEKE, K. (2001). Effect of sampling time and air humidity on the bioefficiency of filter samplers for bioaerosol collection. *Aerosol Science* 32: 661-674.
- WATSON, H.K. & CONSTABLE, D.W. (1991). Allergenic significance of *Plantago* pollen. pp: 132-134 In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- WEBSTER, J. (1980). *Introduction to Fungi*. 2nd edition. Cambridge University Press. U.K. 669p.
- WEEKE, E.R. & SPIEKSMAN, F.Th.M. (1991). Allergenic significance of Gramineae (Poaceae). pp: 109-112. In: D'AMATO, G., SPIEKSMAN, F.T.M & BONINI, S. (eds). *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Cambridge. England.
- WÜST, G., FRIEDL, H., HAAS, D., KÖCK, M., PICHLER-SEMMELOCK, F., REINTHALER, F.F., SCHLACHER, R. & MARTH, E. (2003). A comparison between Andersen (ACFM) and Reuter Centrifugal Sampler (RCS-plus) for indoor sampling of airborne molds. *Aerobiologia* 19: 125-128.
- ZIVIT, N. (1942). Allergy to Australian pine: a report of three cases. *J. Allergy* 13 (3): 314-316.

8. ANEXOS



8.1. ABSTRACT

8.1.1. Introduction

As knowledge of the atmospheric pollen content is considered very useful in the diagnosis and treatment of pollinosis, several aerobiological studies have been carried out in different localities of the province of Malaga since 1991, year in which the Department of Plant Biology of the University of Malaga installed its first pollen trap in the terrace of the Faculty of Medicine in the University Campus. Besides Malaga city (Recio, 1995; Recio *et al.*, 1998a), other aerobiological studies have been carried out during this time on the west coast of the province (Estepona), as well as inland in localities such as Antequera, where agricultural activities have a strong influence (Toro *et al.*, 1997; Recio *et al.*, 2000; Recio *et al.*, 2006). However, with the aim of producing a more complete aerobiological map, which would reflect both the similarities and heterogeneity of the province from an aerobiological point of view, we thought it essential to carry out a further aerobiological study on the east coast of the province.

Nerja is an important urban and tourist centre on the eastern part of the coast. It is near one of the biggest and most visited caves in the world (Cueva de Nerja), which receives more than half a million visitors every year. Since 2000, our research group, in collaboration with the Cueva de Nerja Foundation, has been engaged in an aerobiological study both outside and inside the cave.

A characteristic aspect of the fungal spores is their high frequency in both indoor and outdoor air. To date, about 100,000 species have been identified (Curtis *et al.*, 2004), although it is estimated that more than 1.5 million probably exist (Hawksworth, 2001). The well-known capacity of producing health problems in humans was an added reason to carry out the study.

We therefore analyzed the pollen content of the atmosphere in the surrounding environment as well as the biological particles content inside the cave by means of a methodology which, due both to the technique and sampling time involved, we do not think it has been carried out inside natural cavities before.

Geographical and bioclimatic description

Nerja (36°45' N, 3°50' O) lies in the south of the Iberian Peninsula. It is bounded to the north by a mountain chain of calcareous rocks (sierra de Almirajara), running NW-SE and terminating in high cliffs over the sea. To the west run the alluvial plains of the rivers Chillar and Vélez, while the Mediterranean Sea limits its southern border (Fig.1.14). The surroundings of the station are populated by natural vegetation adapted to the special ecological conditions of the zone (poorly developed calcareous soils, high temperatures and low rainfall). The arboreal stratum is dominated by

repopulations of *Pinus halepensis* Miller, the most characteristic bushes being *Buxus balearica* Lam. (Boj), *Maytenus senegalensis* (Lam.) Exell, *Cneorum tricoccom* L., *Quercus coccifera* L., *Pistacia lentiscus* L., *Chamaerops humilis* L. and *Juniperus oxycedrus* L. In the herbaceous stratum several species of grass, *Chenopodium*, *Amaranthus*, *Plantago*, *Parietaria* and *Artemisia* are frequent (Nieto *et al.*, 1991; Cabezudo *et al.*, 2005). Near the sea, tropical fruit trees, especially avocado, and horticultural plants are frequently cultivated. The many ornamental plants in the parks and gardens bordering the aerobiological station, particularly *Casuarina*, cypresses, palms and pines, also play their part in a study such as this.

Bioclimatically, Nerja lies within the thermomediterranean belt, with a dry ombroclimate (Rivas Martínez, 1987). Winters are mild and frost-free and the annual mean temperature is 19.2°C, January being the coldest month and August the warmest. Average annual rainfall is 424 mm, falling mostly in autumn and winter-spring, the long summer being the driest period. As regards wind, although variable in direction, the predominant wind blows from the mountains (north), while the south wind blows off the sea; periods of calm are infrequent (14.4%). Another characteristic of importance is the number of hours of sunshine, about 3,000 h per year, and the practical absence of days without sun.

As said above, a part of our study was carried out inside the cave of Nerja, which is situated about 4 km from the locality of the same name, in the southern slope of sierra de Almijara and about 70 km east from the provincial capital, Malaga. One of the most outstanding characteristics of this cave, which occupies a space of 250,000 m³, is the great magnitude of its karstic cavities originated by the erosion produced by the water on the marble. It is divided into two different zones: one part, which only represents a third of the total (Galerías Bajas) and can be visited by tourists, and another part called Galerías Altas with restricted access. Nowadays, the main entrance consists in an artificial opening dug in the rock although two narrow natural holes can be seen (Carrasco, 1993; Carrasco *et al.*, 1998). The cave of Nerja was discovered in 1959 although there is much evidence of the presence of prehistoric cultures that dwelled in it from the Paleolithic to the Bronze Age (Sanchidrian, 1994). Nowadays, the surrounding areas have been developed as part of an important tourist resort (Fig.1.20).

The cave has a constant temperature throughout the year, about 18-19°C, with slight fluctuations due to exogenous factors such as the entrance of visitors, and a high relative humidity usually ranging between 82 and 88 %. However, in summer, the relative humidity is higher, reaching values over 98% due to a seasonal lag between rainfall and the appearance of drip water in the cave (Liñán *et al.*, 2002). In addition, relative humidity shows an increase of about 2-3% during the daytime as does the temperature.

8.1.2. Objectives

1. To carry out a qualitative and quantitative study on the pollen content of the atmosphere of Nerja, analyzing the seasonal behaviour of the different pollen types identified as well as the intradiurnal distribution and the interannual differences of the main taxa.
2. To study the relationships between pollen concentrations and different meteorological parameters by means of correlation and regression analysis.
3. To carry out a qualitative and quantitative study on the incidence of the different fungal spore types detected in the air of the cave of Nerja with the aid of a Hirst volumetric sampler, an uncommon method for this kind of work, as well as to analyze the seasonal and intradiurnal behaviour of the most abundant fungal spores.
4. To check the fungal spore heterogeneity in the air of the cave by a comparison between two sampling stations located in different points of the cave.
5. To compare the concentrations of several fungal spore types registered indoors and outdoors.
6. To attempt to ascertain the origin of the fungal spores found in the air of the cave of Nerja.
7. To evaluate the results obtained using a Hirst Type volumetric spore-trap (Lanzoni VPPS 2000) as indoor sampler.

8.1.3. Materials and methods

Pollen

The outdoor study is based on the atmospheric pollen records obtained from 15 February 2000 to 31 December 2003, using a Hirst type volumetric trap (Hirst, 1952), a Burkard seven-day recorder, placed near the park adjoining Nerja Cave. The sampler was situated in an open area, on a cement post 2 m above the ground level, on the slope of a hill, overlooking the town. The sampler operated continuously, aspirating a constant flow of 10 l per minute. After exposure, the Melinex® tape, impregnated with silicone fluid was cut into 24 h fragments (48 mm) and mounted on slides using glycerine jelly stained with fuchsine. Counts of the different pollen types were made with the aid of a light microscope, four longitudinal sweeps per slide being made at a magnification of 400X, according to the methodology proposed by the REA (Domínguez *et al.*, 1991). Pollen concentrations are expressed as the number of pollen grains/m³ of air, the daily mean and weekly and monthly index values being used for the elaboration of tables and graphs (Fig.3.4 & 3.5).

The main pollen season (MPS) of the most abundant pollen types was calculated. This corresponded to 95% of the annual total, beginning the first day on which the cumulative daily count reached 2.5% of the annual sum and finishing the day on which 97.5% of the annual total had been included. In cases where the MPS does not correspond to the official year (January to December), the period from September to August of the following year was taken. The pollen calendar was constructed by following the Spieksma's model (Spieksma, 1991a), which transforms 10-day mean pollen concentrations into a series of classes according to Stix *et al.* (1974), represented in pictogram form by columns of increasing height. In the pollen calendar, the different taxa follow the order in which the maximum peaks appear, and only those taxa that showed a minimum 10-day mean equal to or greater than 1 pollen grain/m³ of air were included.

Moreover, the intradiurnal behaviour of the ten most abundant pollen types was represented in graphs as the percentages of the cumulative sum of two hours.

To statistically confirm possible relationships between daily pollen concentrations and the different meteorological parameters, such as rainfall, temperature and wind direction, as well as the concentration of the day before and D-media, the Spearman correlation and regression coefficients were calculated. For this, the daily means of the MPS of the most abundant taxa for the years 2001–2003 were used, as well as those of the pre-peak and post-peak period considered separately. The climatic data were provided by the Cueva de Nerja meteorological station, next to the aerobiological sampling station, and by the La Mayora meteorological station, situated 18 km west from our sampling point.

Spores

Two Hirst Type volumetric spore-traps (Lanzoni VPPS 2000) were used with the aim of studying the fungal spore content in the air of the cave. One of them was located in the so called “Sala del Bélen” near the entrance and was uninterruptedly kept operational from August 2001 to December 2005. The second sampler was used from April 2003 to December 2005 and situated in the “Sala del Cataclismo” at the end of the visitable zone, where there is little external influence. The samplers, whose peak and weathercock were removed for use indoors, were fixed at ground level, and the clasp positioned to face the path used by visitors.

To count the different fungal spore types, two longitudinal sweeps per slide were made using a 40X and 100X objective, respectively. The first allows a wider microscopic field and the second avoids mistakes in the counting of the smallest fungal spore types such as *Aspergillus/Penicillium* type and part of the spores belonging to *Cladosporium* type (Burge, 1989).

Finally, the fungal spore concentrations were expressed as number of spores per cubic metre of air, the daily mean concentrations as well as monthly and annual index of the predominant

identified fungal spores being represented in the graphs. Due to the high number of fungal spore types identified and the low levels registered for a great number of them, the fungal spore types with an annual index lower than 100 were jointly included in the tables as “other spores”.

To analyze the intradiurnal distribution, two methods were applied. “Method 1” corresponds to the percentage of the hourly concentrations sum and the “Method 2” to the percentage of the sum of the hourly percentages. In the latter, it is possible to avoid the undue influence that a day with an unusual high level of spores may have on the general behaviour.

In the case of statistical analysis it was reduced to the establishment of interannual comparisons as well as the correlations between the concentration of the main fungal spore types and the relative humidity registered inside the cave.

In addition, several comparative studies between the fungal spore concentrations registered by the different samplers were carried out with the aim of knowing the homogeneity of the spore spectrum in the air of the cave. For that, the data corresponding to one day per week were used throughout the coincident sampling period. Finally, in order to search for the origin of the spores and pollen grains present in the air of the cave, a comparative study between the indoor and outdoor concentrations was carried out, taking total pollen as well as *Cladosporium* and *Alternaria* spore types as indicators.

8.1.4. Results and discussion

Climatology

The annual mean temperature registered during the 4 years studied, was 18.6°C, with a gradual increase over the years (2000-2003). During the same period, rainfall was slightly higher than average (442.2 mm), except in 2001 and, as in the case of the mean temperature, there was a slight tendency for the annual rainfall to increase: 459.2 mm (2000), 396.5 mm (2001), 503 mm (2002) and 548.7 mm (2003). Although the daily values of both meteorological parameters (temperature and rainfall) varied from day to day, the general trend during each year was largely similar: rainfall irregularly distributed from autumn to spring, being more abundant in the former, and the lowest temperatures being registered in January (10-15°C), after which they gradually increase to reach a maximum in August (25-30°C) before gradually falling off again until the end of the year (Fig.4.2 & 4.5).

Nerja and its surroundings are characterised by dry summers with very scarce precipitation. This holds true for other Andalusian localities and, in general, in the southern half of Spain, but Nerja is slightly warmer and arider than other areas of the province such as Malaga city (Recio *et al.*,

1998a). However, although the temperatures are relatively high, they are lower than inland temperatures during the summer period. This variation in temperatures registered between relatively close zones is mostly caused by the proximity of the sea and the breeze effect, which may also be involved in the intradiurnal variations of particle concentrations. Moreover, due to its coastal situation, the locality of Nerja has milder winters and cooler summers, with lower daily oscillations between maximum and minimum temperatures, than those registered in inner regions.

Pollen content

In the locality of Nerja a total of 37 pollen types were identified, reaching an annual index of 59,750 pollen grains, on average, with more than 90% registered between February and June, as occurs in Malaga city (Recio *et al.*, 1998a). If we observe the seasonal distribution of the pollen, in general, we can see that pollen levels are divided into a series of consecutive peaks, two of which are higher, the first at the beginning of the year and the other, less pronounced, during the spring (Fig.4.14).

The main pollen types in order of abundance were *Pinus*, *Olea*, Urticaceae, Cupressaceae, *Quercus* and Poaceae, which represented around 88% of the annual total pollen counts on average. The annual index of each pollen type varies depending on the year, but it can be appreciated that Nerja shares with Malaga and Estepona (Recio *et al.*, 1998a; 2006) as well as with other Andalusian cities, the presence of *Olea*, Cupressaceae, Poaceae and *Quercus* among their main airborne pollen types (Fig.4.11). However, *Pinus* and Urticaceae are two of the most relevant pollen types in Nerja, as they are in northern Iberian localities such as Vigo (Rodríguez-Rajo, 2000), although it can be seen a delay in start of the flowering season in the latter city. The higher concentrations of *Pinus* pollen registered in Nerja during February and March are caused by the proximity of extensive reforestations of *Pinus halepensis*, as well as other specimens of pines present in nearby parks belonging to the tourist resort of Cueva de Nerja, where the sampler was located.

Pinus pollen type was followed by the *Olea*, Urticaceae and Cupressaceae, types representing 19.4, 15.2 y 13.8% of the total, respectively. In the case of Cupressaceae two pollination periods can be observed, one in February-March and the other, of lower intensity, in October-November, each one corresponding to the flowering season of different species (Fig.4.24). Urticaceae showed a similar behaviour to *Pinus* since the levels detected in Nerja were much higher than in Malaga city (Recio *et al.*, 1998a). This pollen type has a long MPS, beginning in autumn (October) and finishing in summer, corresponding to three species: *Urtica dioica* L., *U. membranacea* Poir. and *Parietaria judaica* L. (Fig.4.72 & 4.73). These higher pollen counts are characteristic of rural areas, as described by García (1994) for several localities in Malaga province. However, in the case of other pollen types, such as *Olea* and *Quercus*, which hardly exceeded 8.3% of the annual index, the opposite phenomenon can be appreciated, since the concentrations reached in Nerja were much lower than in

other nearby localities. The lower counts of *Olea*, which represent more than 30% of the annual pollen total in Malaga city (Recio *et al.*, 1998a) and more than 40% in Antequera, may be due to the absence of extensive areas for olive groves near the sampling stations, contrary to what occurs in the Antequera region. In addition, this locality is an interior area and, when wind blows from the northwest during the pollination period, higher levels of *Olea* pollen are detected in the capital since it is situated to the south of Antequera (Recio, 1995). This increase in the pollen counts because of the medium-long distance transport, in which the wind acts as vector, has been highlighted by Silva *et al.* (2000) and Damialis *et al.* (2005), among others.

The percentage of the rest of the main pollen types were reduced to nearly 2%, as occurs with *Plantago*. An exception to this is Poaceae, which exceeded 7%, its long pollination periods being due to the presence of many species of this family in the area. Finally, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Mercurialis* y *Rumex* reached indices of approximately 1% of the annual total count (Fig.4.15).

From an aerobiological point of view, Nerja is characterised by the continuous presence of pollen in the air practically throughout the year, the minimum counts being registered during the summer period, and by the long MPS of many pollen types, with long-tailed curves (Fig.4.155). This does not happen in central and northern European regions, where the different species show a shorter MPS and where the presence of other pollen types, such as *Alnus*, *Betula* and *Corylus* is common (but very scarce in our area), or pollen grains such as *Ambrosia* (not registered in Nerja) can be detected. These differences are not only appreciated qualitatively but quantitatively, too. *Alnus* pollen is of great relevance in countries such as Germany, Switzerland and Austria, whereas in Nerja the levels detected are low. However, the same countries show lower *Olea* counts, with a higher contribution from other genera of the Oleaceae family, such as *Fraxinus* (Spieksma, 1991a).

Another aspect to be taken into account is the beginning of the pollination season, since this occurs earlier in Nerja than in other Spanish and European cities, probably owing to our coastal situation, which endows the area with a milder climate.

In short, the annual behaviour of airborne pollen in the atmosphere of Nerja is as follows: in January and February the pollen of deciduous trees, such as *Alnus*, *Ulmus*, *Fraxinus* and *Populus*, but also of *Artemisia*, *Mercurialis*, *Ricinus* and Chenopodiaceae-Amaranthaceae are registered in low concentrations, while the highest concentrations correspond to Urticaceae, Cupressaceae and *Pinus* (these last two reaching high levels in February). In March (late winter), the high levels of Cupressaceae and *Pinus* continue, and the pollen grains of *Platanus* and *Pistacia* begin to be detected while the Poaceae pollen reach moderately high levels. The atmospheric pollens of Urticaceae start to reach high levels in March and continue high until June. The greatest diversity of pollen types is always detected in spring: *Quercus* and *Plantago* reach their highest levels in April, while *Olea* and Poaceae show their peaks in May. During June, while the pollen concentrations of many taxa decreases, the pollen of summer-flowering taxa such as Cyperaceae, Apiaceae, Myrtaceae, *Cannabis* and *Castanea* begins to appear, but always in low concentrations. At the end of the summer, in

August and September, the pollen of *Artemisia* is detected and, at the end of September, the typically autumnal *Casuarina* is noted. At this time, too, the above mentioned second peak of Cupressaceae occurs, accompanied by an increase in Urticaceae pollen.

Finally, when the pollen calendar obtained for Nerja is compared with those of other nearby localities such as Vélez-Málaga (Trigo *et al.*, 2007), Malaga, (Recio *et al.*, 1998a) and Estepona (Recio *et al.*, 2006), it can be seen that the most significant differences are the high *Pinus* levels, detected mainly in February and March, and the considerable pollen concentrations of Urticaceae which remain in the air of Nerja almost throughout the year. Moreover, larger quantities of *Artemisia* and *Pistacia* pollen are registered because of the closeness of natural populations of both genera. Species such as *Artemisia barrelieri*, *A. campestris* and *A. herba-alba* are characteristic of the arid zones of south-eastern Iberian Peninsula, so that Nerja, being arider than other western provincial localities such as the capital (Malaga), presents higher levels of this pollen type. Other localities such as Almería, Chirivel and Murcia show higher concentrations of this pollen type (Munuera *et al.*, 1998; 1999; 2002; Cariñanos *et al.*, 2000b; Sabariego *et al.*, 2002).

We also analysed interannual differences of the more predominant pollen types. It was observed that one of the main causes of variations between the different years studied was the alternating production presented by some arboreal taxa such as *Olea* and Cupressaceae (Recio, 1995; Vázquez *et al.*, 2002). Although these taxa flower every year, they dedicate more energy to increasing their vegetal biomass (new leaves and branches) one year and to reproduction the following year, when they produce more flowers and, consequently, more pollen. Another factor to bear in mind is the influence of the meteorological parameters. In this way, the earlier flowering observed in several pollen types in 2001 may be due to the higher temperatures registered that year, whereas the delay noted in 2003 may have been related to the colder winter and the larger number of rainy days, since pollen grains in the air can be removed by the action of rain. In general, it can be said that tree taxa are mostly influenced by autumn-winter rainfall, whereas herbaceous taxa show a higher relationship with pre-spring and spring rainfall (Fig.5.4).

The intradiurnal variations of the 10 most relevant pollen types as regards their abundance were studied. In this case can be observed that, in Nerja, most pollen types presented their maximum levels at midday, as occurs in other localities such as Cordoba and Malaga (Galán *et al.*, 1991; Trigo *et al.*, 1997). This is when the highest temperatures and the lowest relative humidity are registered, both of which favour anther dehiscence (Kapyla, 1984). In the case of *Olea* and *Quercus* the highest concentrations are observed at midnight, probably due to long-distance transport from inland areas, and favoured by land-breeze effect.

Finally, regarding the correlation analysis carried out in this work, in general, a significant statistical relationship with pollen concentrations was observed in the case of temperatures, being positive during the pre-peak period and negative in the post-peak. The correlations between rainfall and daily mean concentrations were negative, although the coefficient was reduced in most cases due

to the lack of rainfall during the MPS. Despite the low correlation coefficients obtained in the case of wind, there was a general trend for pollen to increase when the wind blew from the north, confirming the importance of pollen transport from inland areas. At the same time a negative relation with southerly winds from the sea was observed, although not occur in the case of *Pinus* and Urticaceae since the nearby presence of specimens in the parks situated immediately to the south of the sampling point concealed this effect. Other parameters, such as the previous day's concentrations and D-media, showed higher correlation and regression coefficients, and were in the first positions when multiple regression equations were carried out. Nevertheless, these equations did not explain a high percentage of variability, so other predictive models should be studied.

Finally, it should be emphasized that the pollen types *Olea*, *Parietaria*, Poaceae and Cupressaceae must be considered as the main pollen allergens, potentially capable of producing pollinosis in the population of Nerja and among its visitors due to their allergenic potential as well as the high registered levels. This is especially true in the case of the first three, according to clinical studies carried out in Malaga (Torrecillas *et al.*, 1998). Although *Pinus* pollen has little impact in the population because of its low allergenicity, it should be taken into consideration owing to the high concentrations recorded in the air of Nerja during February and March.

Spore content

A total of 72 fungal spore types were identified during our study carried out inside the cave of Nerja, 34 of which belong to Ascomycota and Basidiomycota phyla, whereas 33 spore types are included in the imperfect fungi group whose sexual stage remains unknown. Finally, Oomycota and Myxomycota are represented by 3 and 2 spore types, respectively. Despite the difficulty of establishing comparative analysis due to the lack of works that use a similar methodology inside natural cavities, the results previously exposed are in concordance with those obtained by different authors in other works carried out outdoors and indoors (Table 4.74).

Regarding the annual spore index, the imperfect o mitosporic group was in the first place showing the highest percentage relative to the total of annual index of spores, since in the first three years it represented 70% of the total on average (Fig.4.156). However, despite the greatest number of identified types belonged to Ascomycota, this group registered an annual spore index lower than Basidiomycota (2 and 21% respectively). This phenomenon can be observed in other Spanish localities such as Sevilla (Morales, 2004), Madrid (Díez *et al.*, 2006) and Cartagena (Elvira, 2001) and also in natural environments such as Sierra de Hornachuelos in Córdoba (Bustos, 2006), although with slightly different ratios.

In the case of the total spore distribution along the year, the existence of three important peaks was noted; a disproportionately high peak during the summer and two considerably lower ones in

spring and autumn (Fig.4.163). This trend differs from the results for other zones with similar climatology, where only two peaks (spring and autumn) were observed (Elvira, 2001; Morales, 2004; Díez *et al.*, 2006). However, if we separate the fungal spores according to taxonomical groups, it is possible to appreciate two contrary behaviours: whereas imperfect fungi reached their maximum levels in summer (Fig.4.158), the rest of the groups (Ascomycota, Basidiomycota, Mixomycota and Oomycota) registered their minimum during the same period coinciding with the results obtained for other localities, especially in those with high temperatures and lack of rain, the joint effect of which hampers the development of great part of the fungi during the summer (Al-Suwaine *et al.*, 1999; Elvira, 2001).

The annual fungal spore index exceeded a value of 856,000 spores on average, which means a daily mean concentration of 2,345 spores/m³. However, fungal spore levels were not distributed in a uniform way and there were considerable differences from day to day, since the mean daily spore counts ranged between 7 and 282,195 spores/m³, with 60% of days showing values of more than 1,000 spores per cubic metre. Despite the high number of spores, it can be observed that more than 91% of the identified fungal spore types did not exceeded 1% of the annual index, only one type being the cause of the high spore counts, especially in July and August (Fig.4.171). This spore type is *Aspergillus/Penicillium*, which is responsible for 50% of the annual spore content. When this type is separated from the rest of the fungal spores, the general behaviour of the total spores was similar to that found by several authors in different localities, in which the highest concentrations in the air are detected during spring and autumn. The particular annual distribution of the *Aspergillus/Penicillium* spores can be put down to a Festival of Dance and Music celebrated inside the cave at the end of July. For this spectacle, a large wooden stage is set up and, as result of the high relative humidity prevailing in the cave, especially in summer, with an average of over 98%, a large number of colonies develop on the planks of the stage and, consequently, the concentrations increase during the processes of assembly and dismantling.

Apart from *Aspergillus/Penicillium* type, the main fungal spore types were *Cladosporium*, *Agaricus*, *Boletus*, *Ustilago* and *Didymella* with percentages ranged between 17 and 1% of the total (Fig.4.164). The annual distribution was similar for the different types with a high occurrence in the atmosphere of the cave during the spring and autumn periods. Other spore types with annual indices of over 1,000 were *Tomentella* and *Coprinus* (annual indices of above 5,500), followed by *Leptosphaeria* and *Septoria* with slightly lower index and by Diatrypaceae, *Alternaria* and Myxomycetes, with annual indices of approximately 1000 spores (Table 4.88).

Alternaria and *Botrytis*, which show a high frequency occurrence outdoors, the latter especially in rural agricultural areas where it is an important plant pathogen, as well as *Oidium* and *Plasmopara* (Reineria *et al.*, 1998), only involve 0.13% and 0.09% of the annual total spores, respectively, this percentage being lower for the rest of fungal types mentioned.

Regarding intradiurnal variations, the pattern presented by basidiospores and ascospores showed lower spore levels during midday while for *Cladosporium* and *Ustilago* a slight increase was detected during the hours of maximum sunshine. This coincides with the results observed by other authors in several studies (Hirst, 1953; Burge, 1986; Troutt & Levetin, 2001; Burch & Levetin, 2002). Both types, denominated as “dry spores” have a higher presence during the hours in which the relative humidity is at his lowest values, i.e. during the middle of the day. On the contrary, the release of ascospores and basidiospores is favoured by an increase of the relative humidity, which usually occurs during the night. *Aspergillus/Penicillium* showed a significant increase between 12 and 14 h, possibly because this is the period of the day when the wooden stage used during the Festival of the Cave of Nerja is dismantled. Finally, we also highlight the difference found between the two methodologies employed, since the adding up of the hourly percentages of each day avoids the higher influence that a few days with high concentrations and an unusual pattern might have on the general behaviour.

The statistical correlation analysis carried out between the main spore types and relative humidity showed negative and significant values of the Spearman coefficient for most of the types, except in the case of *Aspergillus/Penicillium*. Anyway, these results must be taken with caution due to the fact that the decrease in the biological activity of the fungi in summer coincides with an increase in the relative humidity in the cave.

Comparative studies

The results obtained by the two samplers installed inside the cave were compared in order to study the air heterogeneity in the cavity. In the “Sala del Cataclismo” a decrease in the quality and quantity of the spore types was detected, only 45 spore types identified, as well as a fall in the number of spores compared with counts in the “Sala del Belén”, which is, as mentioned, much closer to the cave entrance (Table 4.90). However, it is important to emphasize that the most relevant spore types were the same in both sampling points, a positive correlation existing between the daily mean concentrations of the total fungal spores of each hall (Fig.4.264 & 4.265). Moreover, the spore counts of *Cladosporium* and *Alternaria* indoors and outdoors were positively correlated although with a higher rho in the case of *Cladosporium*.

At a first sight, the variation of the meteorological parameters outdoors should not influence indoor spore behaviour. However, environmental factors inside the cave did not explain the marked seasonal behaviour of most of the spore types since these factors remained practically constant throughout the year. For this reason, a correlation analysis between an outside meteorological parameter such as rainfall and the concentrations of several spores with proved positive association with rainy periods, such as some basidiospores and ascospores (Jones & Harrison, 2004; Van Osdol *et al.*, 2004; Díez *et al.*, 2006) was run. In this way, *Didymella* showed a significant and positive

correlation ($p \leq 0,001$, $r = 0.455$), as did *Agaricus* and *Boletus*. These results would not have taken place if rainfall does not affect indoor conditions.

At the same time, the spore levels were found to be negatively influenced by external temperature. During the spring and autumn the ideal temperature and humidity conditions for fungal development are reached. In contrast, they find it very difficult to grow in the summer period owing to the high temperature and lack of rain that lead to drier external environments.

All the above and the fact that seasonal and intradiurnal spore behaviour outdoors and indoors showed similar patterns, leads us to question the cave as source of origin of the spores registered, especially in the case of basidiospores and plant parasitic fungi. Another fact that would support the hypothesis of the external origin of the spores is the absence of organic material as well as fungal colonies, mycelia and fruiting bodies inside the cave.

The correlation found between the outdoor and indoor spore levels has been mentioned, although more details are given below. As regards the concentrations, the annual index of the studied spores (*Cladosporium* and *Alternaria*) was higher outdoors but in an irregular way. In spring and summer the concentrations inside were rather lower, while in autumn and winter they showed similar values, sometimes even exceeding the outdoor levels (Fig.4.268). This difference was probably caused by the index of natural ventilation, which varies depending on the period of the year. The ventilation index ranged from $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ during the warm season to $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ during autumn and winter. At the same time, wind velocity decreases in summer so a lower ventilation rate is registered. Moreover, there is an increase of the relative humidity in the cave during the summer due to a seasonal lag between precipitation and the appearance of the dripping effect of the rain, and also to the higher number of visitors who cause a rise in water vapour (Carrasco *et al.*, 2002). The high relative humidity, together with the decrease in wind velocity and ventilation index, favour spore deposition, making their transport and re-suspension more difficult. However, during the rest of the year, especially in autumn and winter, the air renewal and wind speed are higher, whereas the relative humidity is lower, which facilitate the dispersal and transport from outdoors to indoors, so that more similar levels are registered.

Finally, another aspect which verifies the entrance of particles from outdoors is the pollen grains detected inside the cave. As occurs in the case of spores, the pollen grains showed a higher introduction rate in autumn and winter, the annual rate being a 10% on average (Fig.269). This rate can not be extrapolated to fungal spores. In this way, the calculated rate for *Cladosporium* and *Alternaria* was 80 and 30%, respectively. When different rates are compared it can be seen that the bigger a particle is, the lower its introduction rate.

Summarising, the clear signs concerning the external origin of most of the fungal spores detected inside the cave must be emphasized. A gradient from outside, where the spores could follow the same entrance mechanism as pollen grains can be established. Firstly, they would be transported

by the wind as far as the “Sala del Belén”, which is the closest hall to the entrance, and then continue being dispersed to finally reach the “Sala del Cataclismo”, more isolated because of the great distance from outside and the difference in ground level. These factors would make both the air flow and the natural ventilation index change, affecting the spore levels, which would fall, to a large extent, with the journey. The case of *Aspergillus/Penicillium* type would be an exception probably due to the anthropic contribution previously mentioned.

A large number of aerobiological studies indoors and outdoors have been carried out to detect potential risks for human health. However, it is not possible to find standardised values which permit potential allergenicity ranges to be established for the different spore types. High levels of fungal spores were registered inside the cave, many of them (*Aspergillus/Penicillium*, *Cladosporium*, *Boletus*, *Didymella* and *Ustilago*) described as allergens. Moreover, disproportionate and punctual increases were detected, especially in the case of *Aspergillus/Penicillium* spores. Due to the large number of people who visit the cave throughout the year, these high concentrations could constitute a high risk for potential allergy sufferers.

Finally, it should be emphasised that, despite the problems involved in identifying the fungal spores, especially at species level, the uncommon methodology used in this study permits an uninterrupted sampling hour by hour, 365 days per year, and provides more complete information than other methods about the seasonal and diurnal trends of airborne biological particles inside the cave as well as their diversity, which might otherwise be undervalued.

8.2. CONCLUSIONS

8.2.1. Outdoor study

1. Thirty-seven pollen types were detected in the air of Nerja, 20 of them belonging to tree taxa and 17 corresponding to herbaceous taxa. Tree pollen was the predominant type, representing 69% out the total counts.

2. The annual mean pollen index obtained in Nerja during the studied period was 59,750, with little interannual differences and higher than that registered in Malaga, the capital situated 60 km westward from our sampling point.

3. The highest pollen concentrations were detected from February until June, when more than 90% of the annual pollen index was registered. May was the month in which the highest values were reached (27% of the annual total) followed by February and March with 19 and 20%, respectively. The lowest pollen levels were obtained during the summer period, especially in August and September, followed by December.

4. The main pollen types were *Pinus*, the most abundant in our sampling point, with 24% of the annual total pollen on average, followed by *Olea* (19%), Urticaceae (15%), Cupressaceae (14%), *Quercus* (8%) and Poaceae (7%). Taken together, these pollen types represented almost 88% of the annual index on average.

5. Regarding seasonal behaviour, the interannual differences found can be explained, to a large extent, by variations in meteorological parameters, especially temperatures, pre-seasonal and seasonal rainfall and wind direction. Tree taxa seemed to be more influenced by autumn and winter rainfall, whereas herbaceous ones showed higher correlation coefficients with pre-spring and spring rainfall. In general, pollen values increased when the wind blew from the inland (from the north).

6. Most pollen types analysed presented a peak during the midday hours, Urticaceae showing the highest intradiurnal distribution index (IDI). In the cases of *Olea* and *Quercus* the highest levels occurred during the midnight, probably due to long-distance transport from inland areas, which could be favoured by a land-breeze effect.

7. As regards correlations, the best results were obtained when the MPS were divided into pre-peak and post-peak periods. Generally, in the case of temperature a positive association with pollen concentration was found during the pre-peak that turned negative during the post-peak. Negative correlations were obtained in the case of rainfall, which in most cases were no significant for the pollen of plants with a late flowering period owing to the lack of precipitation.

8. The previous day's concentrations, together with the D-media, were the parameters which showed the highest regression coefficients, surpassing the variance percentage explained by meteorological parameters. In addition, these variables were chosen in first place when multiple regression analyses were carried out.

9. As can be seen in the pollen calendar, the atmosphere of Nerja (as occurs in other Mediterranean areas) is characterised by pollination periods in which the MPS presents earlier start dates than more northerly stations, and long-tailed curves that result in longer pollen season.

10. The most significant differences found between Nerja and other sampling areas of the province are the high incidence of *Pinus*, in February and March, and Urticaceae whose levels are fairly high almost throughout the year.

11. Due to the high pollen concentrations registered and their well-known allergenicity, pollen types such as *Olea*, *Parietaria*, Poaceae and Cupressaceae must be considered as the main pollen allergens, potentially capable of producing pollinosis in the population of Nerja.

8.2.2. Indoor study

12. In the air of the Cave of Nerja 72 fungal spore types were identified in the "Sala del Belén", with a total spore index of 3,424,131 and an annual average value of 856,032. In the "Sala del Cataclismo" the number of fungal spore types was reduced to 45, none of them new, and in much lower concentrations.

13. Nearly half of the spore types were conidia belonging to the imperfect fungi group, which represented 70% of the annual index, on average. They were followed by basidiospores and ascospores that constituted 21 and 2% of the total, respectively.

14. Despite the high spore levels detected, more than 91% of the types identified did not exceed 1% of the annual index, most of them belonging to *Aspergillus/Penicillium* type with 50% of the annual spore content, on average. Other abundant fungal spore types were *Cladosporium* (17%), *Agaricus* (13%), *Boletus* (6%), *Ustilago* (2%) and *Didymella* (1%).

15. Fungal spore were detected throughout the year in the atmosphere of the cave, but concentrations were not homogeneously distributed and there were wide variations from year to year. Most of the types studied registered their highest levels during spring and autumn, *Aspergillus/Penicillium* being an exception since they presented the highest counts in summer. This

peculiar behaviour is due to anthropical action, particularly to the installation of a wooden stage destined for the organization of the Music and Dance Festival, which, together with the high relative humidity reached in this season, favours the development of this kind of fungi.

16. The intradiurnal distribution of the basidiospores and ascospores analysed pointed to a decrease in spore levels at midday. However, *Cladosporium* and *Ustilago* presented the opposite behaviour with a slight increase of the concentrations during the hours of maximum solar radiation. Finally, *Aspergillus/Penicillium* type reached its highest levels between 12 and 14 h, coinciding with the hours in which the wooden stage was being dismantled.

17. Due to the similar seasonal distribution patterns, as well as the positive correlation shown between the concentrations of certain spore types inside and outside the cavity, we think the fungal spores detected inside the cave, excluding *Aspergillus/Penicillium* type, come from outdoors since the seasonal fluctuations respond, to a large extent, to external meteorological parameters. Moreover, this view is lent weight by the lack of organic material as well as fungal colonies, mycelia and fruiting bodies inside the cave. In addition, similar seasonal and intradiurnal distribution patterns were found when our results were compared with those obtained by other authors in outdoor studies. According with this hypothesis, a negative gradient could be established from the cave entrance to the “Sala del Cataclismo” passing through the “Sala del Belén”.

18. The presence of pollen grains in the atmosphere of the cave constitutes another aspect that verifies the entrance of particles from outdoors.

19. The high levels of certain fungal spore types described as allergens registered inside the cave, such as *Aspergillus/Penicillium*, *Cladosporium*, *Boletus*, *Didymella* and *Ustilago* would represent a potential risk for visitors and the implementation of preventive measures is recommended, especially during the Festival.

20. Despite the limitations presented by the volumetric sampler used inside the cave, we think that it contributes to providing a more complete picture of the quantity and quality of the airborne biological particles present in the cave than other methods. Such methods would operate for a shorter period and could therefore underestimate the diversity and both the seasonal and intradiurnal distribution of the spores.

