

LA OBSERVACIÓN FENOLÓGICA EN AGROMETEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Juan Antonio de Cara García y Antonio Mestre Barceló.

Servicio de Aplicaciones Meteorológicas del INM.,

C/Leonardo Prieto Castro, 8 (Ciudad Universitaria) 28071 Madrid. act@inm.es

Introducción: La ciencia fenológica.

Con el paso de las estaciones se observan en los campos y montes una serie de cambios que tienen relación con la evolución del tiempo atmosférico a lo largo del año, así como con el carácter de éste respecto al clima normal de un territorio. Estos afectan a la morfología y fisiología de plantas y animales silvestres, a la composición de las biocenosis de los ecosistemas y a la evolución de los cultivos; en general al aspecto del paisaje rural y a gran parte de la actividad del sector agrario. Es muy importante para las plantas y animales de las regiones templadas o frías adaptarse a las estaciones. La adaptación estacional se observa en distintos ciclos, tanto de actividad y letargo en plantas y animales como en los de desarrollo, especialmente en insectos y plantas; también se aprecia en los hábitos reproductivos de los animales, en los comportamientos migratorios, o en la muda y crecimiento de pelaje y plumaje. Algunos de los cambios estacionales que se observan en la naturaleza son por ejemplo: germinación de semillas, brotación de yemas, floración, maduración de frutos, cambio de color y caída de las hojas, llegada y partida de aves migratorias, primeros cantos, primeras apariciones de insectos tras el letargo, etc. (Fig.1).

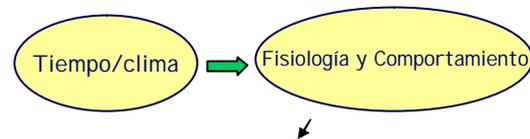


Fenómenos biológicos periódicos

Fig.1.-Migraciones, aparición de insectos, periodo de celo, floración, fructificación y cambio de color.

Todos estos cambios biológicos observables se relacionan de forma directa o indirecta con la época del año, el tiempo y el clima. Suceden todos los años por la misma época, la cual se

reconoce a través de distintos mecanismos bioquímicos regulados por el fotoperiodo, pero en fechas concretas distintas, debido a la influencia de los factores ambientales de tipo meteorológico. Así, los ciclos biológicos estacionales están regulados fundamentalmente por la duración de la luz diurna, si bien actúan como factores moduladores: las temperaturas, las precipitaciones, la humedad relativa y el viento (Fig.2).



- Desarrollo de plantas
- Ciclos biológicos de insectos y vegetales anuales
- Migraciones
- Cambios de pelaje/plumaje, paradas nupciales, caída de cuernas, letargos, berrea, etc.

Fig.2.- Incidencia de los factores atmosféricos en animales y plantas.

De modo más operativo, a la hora de estudiar estos fenómenos, se consideran: la acumulación de grados día y de horas frío (Figs. 3,4), el estado de humedad del suelo, las anomalías de las precipitaciones tanto acumuladas hasta una cierta fecha como en una cierta época, o los valores de las variables meteorológicas y de los parámetros climáticos en los periodos críticos de los ciclos biológicos.

Integral térmica

$$G.D. = \sum (T_m - t_u)$$

$$\forall T_m > t_u$$

T_m = Temperatura media diaria

t_u = Temperatura umbral de la especie

Fig.3.- Fórmula de De Candolle (1885). Las plantas necesitan acumular una cantidad de grados-día que es característica entre dos fases de una misma especie.

*Fórmula de Crossa-Raynaud
Para el cálculo de las horas - frío*

$$H.F. = 24 (7 - t_{\min}) / (T_{\max} - t_{\min})$$

$$\forall t_{\min} < 7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

T_{\max} = Temperatura máxima diaria

t_{\min} = Temperatura mínima diaria

Fig.4.- Cálculo de horas frío como estimación de la medida en que se van cubriendo las necesidades de reposo invernal. Muchos caducifolios de zonas templadas y frías precisan de un frío estimulador para la correcta apertura de yemas y producción de fruto.

La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos que se presentan periódicamente, acomodados a ritmos estacionales, y que tienen relación con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. Se trata de una disciplina fenomenológica, es decir fundamentalmente descriptiva y de observación, que requiere método y precisión en el trabajo de campo. Es claramente interdisciplinar y utiliza conocimientos tanto de fisiología y ecología, como de meteorología y climatología. Sus datos de observación, y sus estudios aplicados, son útiles sobre todo en agricultura pero también en ganadería, selvicultura y conservación de la naturaleza (Fig.5). En cuanto a la climatología, la fenología se ha utilizado tradicionalmente para complementar las descripciones del carácter climático de un año agrícola y para realizar estudios de climas locales.



Fig.5.- Relaciones de la fenología con otras disciplinas científicas y con los sectores de actividad económica o de valor ambiental.

A los fenómenos biológicos observables que constituyen cambios o transformaciones en un escaso periodo de tiempo se les denomina **fases**

fenológicas, y al intervalo de tiempo que transcurre entre dos fases sucesivas se le denomina **etapa**. En agronomía se describen con precisión unos **estados-tipo** caracterizados por un aspecto fisonómico concreto (Fig. 6). Lo más normal es que exista un **periodo crítico**; éste es un intervalo de tiempo, generalmente de dos o tres semanas antes o después del inicio de una determinada fase, en el cual una cierta especie presenta una sensibilidad máxima a un determinado elemento meteorológico.



- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| A Yema de invierno. | F Flor abierta. |
| B Yema hinchada. | G Caída de pétalos. |
| C Botones visibles. | H Cuajado. |
| D Botones separados. | I Caída de cáliz. |
| E Estambres decubiertos. | J Fruto joven. |

Fig.6.- Estados fenológicos tipo del cerezo (Según M. Bagliolini).

Los datos obtenidos reflejan la cronología de la aparición o comienzo de una determinada fase en un espacio geográfico concreto y se suelen reflejar mediante las **isofenas** o líneas de igual fecha. Estos datos pueden ser utilizados como descriptores tanto del clima local como de los agrobiosistemas y ecosistemas naturales en los que influye (Figs. 7,8).

Las distintas fases fenológicas son respuestas ecofisiológicas basadas en procesos bioquímicos que responden a cambios en el ambiente físico relacionados con ritmos estacionales. En el caso de las plantas y de los insectos, el desarrollo se puede definir como una secuencia de eventos fenológicos que constituyen su ciclo de vida, de forma que cada fase se caracteriza por morfologías y procesos fisiológicos distintos. En cuanto a los requerimientos de luz diurna para que se inicien los procesos de floración y fructificación en las plantas, se distinguen plantas de día largo, de día corto e indiferentes. El control fotoperiódico de las distintas fases fenológicas se lleva a cabo por un mecanismo que es independiente de la temperatura: la fotoconversión del fitocromo. En los insectos la diapausa se produce cuando se suprime la secreción de una hormona debido al efecto de las noches largas; en este caso la fotorrecepción se hace por la cabeza. También el fotoperiodo controla los ritmos estacionales en los vertebrados y seguramente, en la mayoría de ellos, se sigue la secuencia descrita en los trabajos que Beniot llevó a cabo durante los años

aunque las primeras observaciones realizadas con un cierto método son las que empezó de forma individual el inglés Robert Marshan en 1736. Las primeras redes fenológicas organizadas son las de Rusia (1838) y Bélgica (1842). En esta época el fenólogo belga Quetelet (Fig. 12) redacta unas primeras instrucciones para la observación y en 1781 la Sociedad Meteorológica de Mannheim (Alemania) publica sus normas de observación fenológica. En 1853, el director del Observatorio Meteorológico de Viena, Carlos Fritz, diseñó unas instrucciones, fundadas en las de Quetelet, con el objeto de unificar las observaciones de todos los investigadores, y las propuso en el Congreso Internacional de Estadística que se reunió en Viena, en 1857, con el objeto de crear una red mundial de observatorios fenológicos. No obstante, el establecimiento de nuevas estaciones y la normalización a nivel europeo proceden de la Primera Conferencia Internacional de Fenología, celebrada en Danzing en 1935, y organizada por la Comisión de Meteorología Agrícola de la O.M.M.

En el Reino Unido, la *Royal Meteorological Society* estableció en 1875 una red de observación para la totalidad de las Islas Británicas, y hasta 1948 publicó resúmenes anuales en el "*The Phenological Report*". Por esa misma época, la *Nederlandsche Phaenologische Vereeniging* (Sociedad Fenológica Holandesa) publicaba la revista "*Acta Phenologica*".



Fig.9.- Manzano en Piedrafita (Bisaurri, Pirineo de Huesca) a mediados de agosto de 2005. Foto J.A.



Fig.10.- Abubilla (*Apus apus*). Especie estival en la península Ibérica, que manifiesta una tendencia a

partir más tarde e incluso a sedentarizarse. Lámina tomada del Atlas de Plantas y Aves para las observaciones fenológicas, INM. 1991.

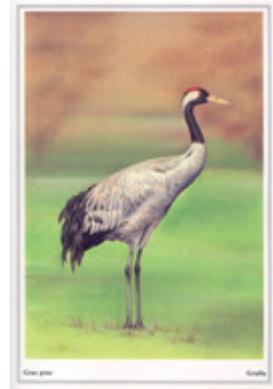


Fig.11.- Grulla común (*Grus grus*). Ave invernante en las dehesas del SW peninsular. Lámina tomada del Atlas de Plantas y Aves para las observaciones fenológicas, INM. 1991.



Fig.12.- El matemático, astrónomo y sociólogo Adolphe Quetelet, realizó observaciones meteorológicas y elaboró unas instrucciones para los 80 observatorios de la red que se montó en Bélgica en 1842.

Los estudios fenológicos suelen ser dispersos y con distintos enfoques; los realizan las sociedades de ornitología, las escuelas técnicas de agronomía y los institutos de investigaciones ecológicas o agrarias. Tradicionalmente la fenología ha sido una actividad que se ha realizado en los departamentos o secciones de agrometeorología de bastantes servicios meteorológicos. Entre todos ellos se puede destacar el caso del Servicio Meteorológico alemán (DWD), por la extensa y completa red que gestiona; de los organismos que estudian fenología pero no son servicios meteorológicos se debe citar al *Centre for Ecology & Hydrology of Cambridge* que en 1998 pone en funcionamiento un programa piloto para revitalizar la *UK Phenology Network*, en el año 2000 se juntan para esta tarea los guardas forestales y en 2005 comenzó a colaborar la BBC.

En los últimos años se han llevado a cabo diversas iniciativas a nivel europeo para intentar coordinar las distintas redes fenológicas existentes con la creación de la Red Europea de Fenología (EPN), entre cuyos objetivos hay que señalar la estandarización de las observaciones y del esquema de codificación de las mismas. A nivel mundial hay que destacar el papel que desempeña el Grupo de Estudios Fenológicos. Este grupo de trabajo fue creado en el XIII Congreso de la Sociedad Internacional de Biometeorología (Calgary, Canadá, 1993). Entre sus objetivos destaca la pretensión de crear una red mundial de observaciones fenológicas en parques nacionales, reservas de la biosfera y otras zonas protegidas, y de integrar la investigación fenológica en el contexto de los estudios encaminados a la detección y seguimiento del cambio climático mundial.

Los principales problemas que aparecen en la observación fenológica son relativos a los sesgos que se aprecian en las series de datos, en cuanto a especies, fechas y geografía; la inexistencia de procedimientos de relleno de lagunas; la falta de mecanismos para la formación de los colaboradores; y la falta de unificación entre las distintas redes de observación tanto nacionales como internacionales. En cualquier caso, los datos fenológicos son de gran importancia para entender los procesos de interacción entre la atmósfera y la biosfera, sobre todo de cara a las aplicaciones agrarias y como complemento en los estudios de cambio climático.

En la actualidad en algunos servicios meteorológicos o centros de investigación ecológica europeos se está haciendo un gran esfuerzo por unificar los datos históricos dispersos que existen en los distintos países, y se está tratando de diseñar un método de observación fenológica y una red europea lo más homogénea posible. Entre este tipo de iniciativas cabe destacar las que se realizan en el contexto de la Acción COST 725 sobre fenología financiada por la Unión Europea y en la que desempeñan un papel especialmente activo instituciones con gran tradición en observaciones fenológicas como los ya citados anteriormente: el Servicio Meteorológico de Alemania (DWD) y el Centro para la Ecología e Hidrología de Cambridge (Reino Unido).

Las observaciones fenológicas en el INM.

Los primeros intentos de realizar observaciones fenológicas en España, datan de 1883 y se deben al director del observatorio astronómico de Madrid, D. Miguel Merino. En 1932, el meteorólogo y catedrático de la Universidad de Barcelona D. Eduardo Fontseré repartió por

Cataluña unas instrucciones de observación fenológica; posteriormente, el meteorólogo D. José María Lorente publicó un artículo en 1934 en el que hacía un llamamiento a los aficionados a la observación de la naturaleza para llegar a confeccionar un mapa fenológico de España. Pero hubo que esperar hasta 1942 para que la Sección de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional iniciase la observación fenológica mediante una red de colaboradores y un método normalizado, actividad que ha perdurado hasta la actualidad y que hoy se lleva a cabo por el Servicio de Aplicaciones Meteorológicas. En el citado año de 1942 el SMN. publicó un manual titulado "*Las observaciones fenológicas, indicaciones para su implantación en España*", escrito por el meteorólogo D. José Batista Díaz y en 1943 este mismo autor publica el "*Atlas de plantas para observaciones fenológicas*" (Fig. 13). A la solicitud de colaboradores para montar la red, realizada a finales de 1942, respondieron unas 230 personas relacionadas con el campo y el mundo rural, número que fue aumentando hasta llegar a más de 400 en 1960, para posteriormente ir descendiendo hasta los aproximadamente 120 que envían datos en la actualidad. Para facilitar la observación por parte de los colaboradores, el Instituto publicó los siguientes documentos: las *Normas e instrucciones para las observaciones fenológicas* (INM. 1989), el *Atlas de plantas y aves para las observaciones fenológicas* (INM. 1991) (Fig. 14), y el *Atlas de aves y plantas de las Islas Canarias* (INM. 1996).

Desde 1958 se publican de forma regular en el INM. unos mapas de isofenas en el Calendario Meteorológico (antiguo calendario meteorofenológico) como complemento a la descripción de climática del año agrícola (Fig. 15).



Fig.13.- Portada del Atlas de Plantas para las observaciones fenológicas del SMN (1943), con la ilustración del almendro como ejemplo de sus láminas.

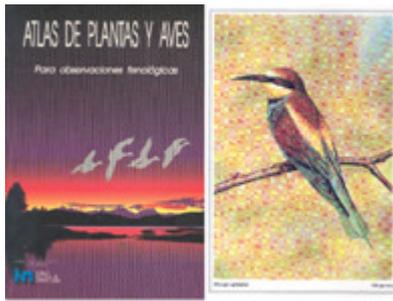


Fig.14.- Portada del Atlas de Plantas y Aves para observaciones fenológicas del INM (1991), con la ilustración del abejaruco como ejemplo de sus láminas.

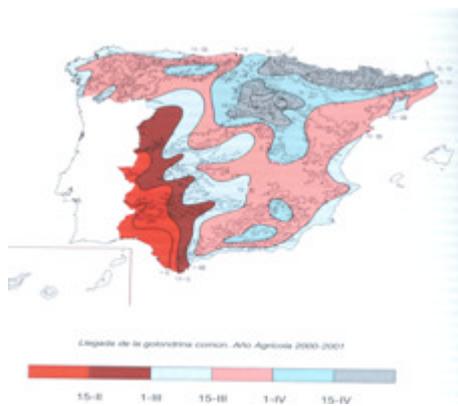


Fig.15.- Llegada de la golondrina en la primavera de 2002. Elaboración propia para el Calendario Meteorológico del INM del año 2003.

En la red fenológica del INM se observan en la actualidad 87 especies diferentes, aunque se dispone de datos históricos de hasta 119 especies. Se consideran 15 especies de frutales, 14 de otros tipos de plantas cultivadas, 34 de árboles y arbustos (se incluyen algunos ornamentales), 10 especies de aves estivales, 8 de invernantes y 2 especies de insectos. Algunas de las fenofases descritas son: llegada o primer canto y emigración de aves; primera vez que se observan los insectos; y, en plantas, brotación, floración, foliación, cambio de color, caída de hojas, etc.; además, en el caso concreto de los cereales, primer nudo de ahijamiento, primer nudo de tallo, zurrón, espigado, maduración, etc. Si entendemos por dato, una fecha de observación de una fase de una especie y en un lugar, la Base Fenológica del INM dispone de unos 400.000 datos, de los que unos 117.000 están archivados en soporte informático y el resto en papel.

La calidad de los datos fenológicos del INM. es muy dependiente de las especies y zonas geográficas de que se trate, así como de la época en que se tomaron. En este sentido hay que

destacar que los principales problemas que surgen en la observación fenológica son relativos a los sesgos que se aprecian en las series de datos en cuanto a especies, fechas y geografía, así como a la falta de normalización y criterios para el relleno de lagunas, la escasez de mecanismos adecuados de comunicación con los colaboradores, la inexistencia de medios para su formación, y a la escasa coordinación entre las distintas redes de observación tanto nacionales como internacionales.

Para ser colaborador de esta red de observación basta con ponerse en contacto con los Centros Meteorológicos Territoriales del INM repartidos por las distintas Comunidades Autónomas. La procedencia de los colaboradores voluntarios es muy diversa, pero siempre se trata de personas con alguna vinculación con el campo: agricultores, profesores, farmacéuticos, médicos, sacerdotes, guardas forestales, naturalistas, observadores meteorológicos etc. Respecto a los usuarios, los datos han sido solicitados en diversas ocasiones por profesores universitarios, estudiantes, investigadores y empresas agrícolas; pero hay que destacar que en los últimos años algunos investigadores del CSIC y universidades los están utilizando para estudios relacionados con los impactos del cambio climático en los ecosistemas.

Aplicaciones a los estudios de Cambio Climático.

El cambio climático afecta a cambios en la dinámica de las poblaciones, modificaciones de la distribución geográfica de las especies y variaciones en el comportamiento fenológico. En la actualidad se están realizando distintos trabajos que tratan de relacionar las variaciones en el comportamiento fenológico de las especies con el cambio climático, aunque muchas veces pueden ser debidas estas alteraciones respecto a la fenología normal a otras causas como una mayor disponibilidad de alimento por la acción humana. En cualquier caso, es bien conocida la tendencia a sedentarizarse en la península Ibérica que manifiesta la cigüeña blanca y en menor medida la abubilla, las codornices en el suroeste y algo las golondrinas en zonas del sureste o muy al sur.

El principal problema, que puede causar una pérdida de biodiversidad, radica en los posibles desajustes entre las fases fenológicas a través de las cuales se relacionan distintas especies en los ecosistemas; así por ejemplo, entre floraciones y aparición de insectos polinizadores, o entre éstos invertebrados y la llegada de aves estivales insectívoras, o entre los pasos de estas aves y los periodos de cría de ciertas rapaces que los aprovechan para cazar abundantemente y

alimentar a los pollos, como es el caso del escaso halcón de Eleonor, en los islotes y costas rocosas mediterráneas. En general, las floraciones y la aparición de insectos están bien acopladas, pero a su vez estas fases sí pueden estar desacopladas con la llegada de las aves migratorias. Parece que existe una tendencia al adelanto de la actividad en los vegetales, al suavizarse los inviernos, y en los últimos años se da a la vez un retraso en la llegada de las aves migratorias estivales, debido a que los periodos de sequía en África, hacen que las aves tarden más en conseguir sus reservas energéticas para realizar el viaje; por otra parte, si se da una sequía en la península Ibérica parece que influye en las aves adelantando su partida, al no tener suficiente alimento y haber criado ya a los pollos. De Sanz et al. (2003) indica, para el papamoscas cerrojillo en el Sistema Central, una serie de cambios temporales en relación con la cría para una serie de más de diez años, en los que se aprecia una disminución de: éxito reproductor, peso de los pollos y gasto energético diario de los adultos.

En el contexto de la acción de cooperación científica y técnica COST 725 “Towards a European Phenological Data Platform for Climatological Applications”, en el que el INM participa, y utilizando los datos de un conjunto de estaciones, que han sido seleccionadas del Banco de Datos Fenológicos a través de un conjunto de criterios tales como la longitud de la serie de observaciones y su continuidad, se han llevado a cabo un conjunto de análisis estadísticos de tendencia de las series temporales de determinados observables, así como de correlación de estos datos con los de determinadas variables climáticas, en particular la temperatura media, con objeto de analizar el uso potencial de estos datos como indicadores de Cambio Climático.

Se presentan a continuación algunos de los resultados preliminares de este estudio, en concreto los que se obtienen a partir del análisis de las tendencias temporales de dos indicadores fenológicos: la floración del majuelo (*Crataegus monogyna*) y la caída de las hojas del olmo (*Ulmus minor*). Siguiendo las pautas descritas en anteriores epígrafes de este trabajo, se han seleccionado estas especies por su amplia distribución en la península y por tratarse de especies silvestres no sometidas por ello a actuaciones de intervención humana; respecto a los observables fenológicos se han seleccionado aquellos en los que cabe encontrar una correlación significativa con la temperatura media del período inmediatamente anterior a la ocurrencia del evento fenológico.

Análisis de tendencias de la floración del Majuelo:

El majuelo o espino albar (*Crataegus monogyna*) es un matorral espinoso que se cría en todo tipo de terrenos, tanto fríos como cálidos, desde el nivel del mar hasta unos 1800 m. de altitud (Fig.16).

Se han utilizado para este trabajo los datos de la fecha de floración del majuelo para un total de 8 estaciones fenológicas, cuyos metadatos se incluyen en la Tabla 1.

Tras la generación de las series temporales de las fechas de floración, se ha llevado a cabo en primer lugar un análisis de regresión lineal con el tiempo de la variable fenológica indicada. En la Tabla 2 se han incluido los valores de las pendientes de las rectas de regresión, así como el error típico de la pendiente estimada para el total de la serie en cada caso; debido a que muchas de las series se inician en 1986 y a que algunas de las que tienen datos más antiguos interrumpen sus series precisamente en los años 80, se ha llevado a cabo por separado el estudio para el período previo a 1985 y para el 1986-2000.



Fig.16.- Majuelo o espino albar (*Crataegus monogyna*).

Nombre	provincia	serie	Lat.	Long.	altitud
Argüelles de Sero	Asturias	1971-89	43,4	5,72W	220
Almendra la Cañada	Toledo	1959-81	40,2	4,63W	632
Camporredondo	Valladolid	1967-92	41,3	4,30W	802
Santa Elena	Jaen	1986-00	38,2	3,32W	743
Cardedeu	Barcelona	1953-00	41,38	2,21E	195
El Rubio	Córdoba	1989-00	37,35	4,95W	209
Montao	Coruña	1986-00	43,2	8,25-W	306
Rinconada de la Sierra	Salamanca	1986-00	40,4	6,1W	998

Tabla 1.- Metadatos de las estaciones fenológicas utilizadas para el estudio de tendencias en las series de temporales de fechas de floración del majuelo.

Nombre	P ₁ (inicio ob.985) en días/año	Desviación típica de la pendiente	P ₂ (1986-2000) en días/año	Desviación típica de la pendiente
Argüelles de Siero	+0,57	0,42		
Almendra la Cañada	+0,62	0,39		
Camporredondo	-0,66	0,30		
Santa Elena			-2,68	0,90
Cardedeu	-0,09	0,13	-1,05	0,40
El Rubio			-1,39	0,56
Montao			+1,29	0,52
Rinconada de la Sierra			-0,91	1,05

Tabla 2.- Valores de las pendientes de las rectas de regresión resultantes del análisis de tendencia.

Como se puede apreciar en la tabla 2, así como en las figuras 17 y 18, a lo largo del período 1950-85 la regresión lineal da resultados muy variados, de modo que no se aprecian en conjunto tendencias significativas en las series, por el contrario en el período 1985-2000, caracterizado por un rápido ascenso de las temperaturas medias, se aprecia una clara tendencia en todas las series excepto en una, en el sentido de anticiparse la floración, con unos valores comprendidos en general entre 1 y 2 días por año, lo que corresponde a una anticipación del evento fenológico del orden de 20 días a lo largo del período indicado. En la tabla se han indicado así mismo los valores de la desviación típica de la pendiente, pudiendo observarse el alto nivel de significación estadística de los resultados del período mas reciente.

Se ha realizado finalmente, a partir de los datos de la serie completa de la estación de Cardedeu (1953-2000), un estudio de la correlación existente entre la fecha de floración y la temperatura media del trimestre enero-febrero-marzo en dicha localidad. Los resultados que se pueden observar en la figura 19 indican una correlación significativa entre ambas variables (R=0,68).

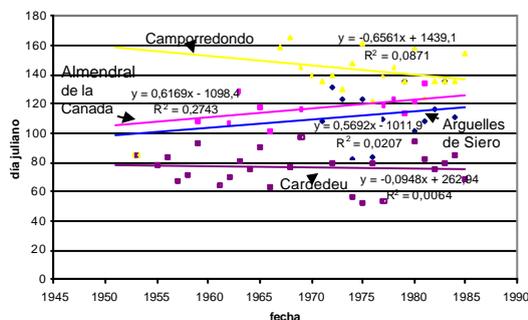


Figura 17. Tendencia de las series temporales de floración de majuelo en el período 1950-85.

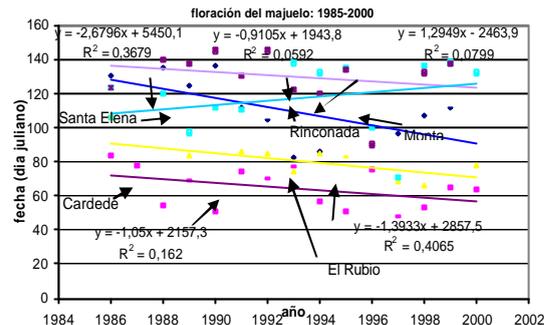


Figura 18. Tendencia de las series temporales de floración de majuelo en el período 1985-2000.

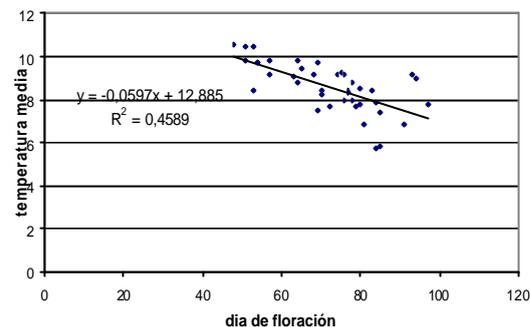


Figura 19: Correlación entre floración del Majuelo y temperatura media en el trimestre enero-marzo en Cardedeu (datos de 1953-2000).

Análisis de tendencia de la caída de la hoja del Olmo:

Para este estudio se han utilizado los datos de 3 estaciones, Cardedeu (Barcelona), Talamanca del Jarama (Madrid) y Revenga de Campos (Palencia), en la Tabla 3 se recogen los valores de las pendientes de las ecuaciones de regresión lineal con el tiempo de las series fenológicas correspondientes a la caída de las hojas, al igual que en el anterior caso se ha realizado el estudio por separado para los períodos 1950-85 y 1985-2000. Según se puede apreciar las tendencias en este caso son menos significativas que en el caso de la floración de majuelo y, en general positivas, de forma que se produce un retraso en la caída de la hoja, que es más acusada en el período posterior a 1985 según los datos de Cardedeu, aunque no es así en el de Talamanca del Jarama donde sucede lo contrario (Fig.20). La tendencia a retrasarse es especialmente significativa en Revenga de Campos, estación que sólo tiene datos a partir de los años 80.

Finalmente y, al igual que en el anterior caso, se ha realizado con datos de la estación de Cardedeu un estudio de la correlación existente entre la fecha de caída de la hoja y la temperatura media del trimestre otoñal septiembre-noviembre

en dicha localidad. Los resultados que se pueden observar en la figura 21 indican una correlación entre ambas variables ($R = 0,45$), si bien en este caso es menos significativa que en el de la floración del majuelo.

Nombre	P ₁ (inicio obs 1985)	Desviación típica de la pendiente	P ₂ (1986-01)	Desviación típica de la pendiente
Talamanca del Jarama	+0,66	0,18	-0,13	0,23
Reventa de Campos	-	-	+2,63	0,35
Cardedeu	-0,08	0,11	+0,96	0,30

Tabla 3: Valores de las pendientes de las rectas de regresión resultantes del análisis de tendencia en series temporales de caída de la hoja del olmo.

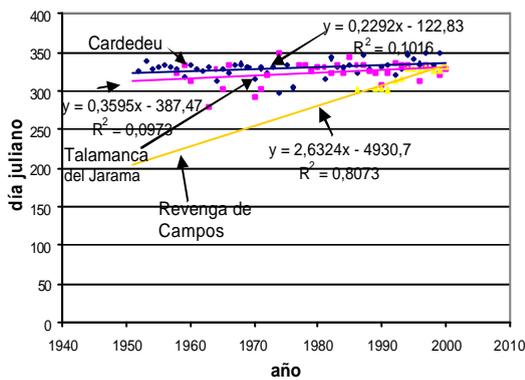


Figura 20. Tendencia de las series temporales de caída de la hoja del olmo en el período 1950-2000.

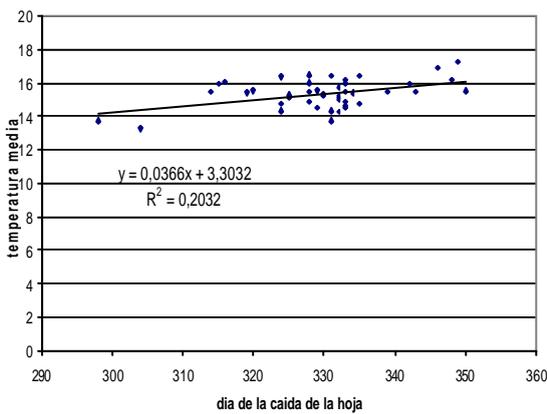


Figura 21: Correlación entre caída de la hoja del olmo floración y temperatura media en el trimestre septiembre-octubre-noviembre en Cardedeu (datos de 1953-2000).

Replanteamiento de la fenología en el INM.

Aunque la red fenológica actual del INM. se ha formado según han ido surgiendo colaboradores voluntarios (Fig.22), habría que tener en cuenta las características geográficas, climáticas y ecológicas del territorio a la hora de diseñar una red con un cierto fundamento ambiental y paisajístico. La España peninsular e Islas Baleares, se encuentran climáticamente bajo la influencia de situaciones meteorológicas de tipo atlántico, mediterráneo, norteafricano y continental europeo; además presenta una intrincada geografía, por lo que existe una gran variedad de climas locales y paisajes, a ello hay que añadir los ambientes subtropicales de las Islas Canarias (Fig.23). Climáticamente se presentan territorios que pertenecen a distintas variantes de climas atlánticos, mediterráneos y subtropicales, con variantes de montaña y en el caso peninsular con amplias zonas de matiz continental (Fig.24). Biogeográficamente los ecosistemas pertenecen a tres grandes regiones: Eurosiberiana, Mediterránea y Macaronésica (Figs. 25), con una gran variedad de fitoclimas (Fig.26).



Fig.22.- Red de colaboradores fenológicos voluntarios del INM. Se aprecian áreas mal cubiertas como Levante y el Valle del Ebro.



Fig.23.- Ejemplo de la diversidad de paisajes ibéricos. Hayedos, abetares, melojares, pinar de silvestre, matorral de jara, algarrobo y flora alpina del Pirineo.

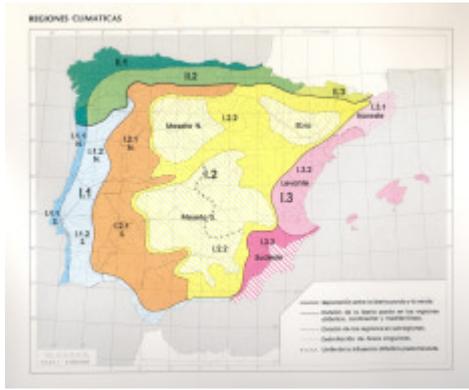


Fig.24- Regiones climáticas de la península Ibérica. (Según I. Font 1983).

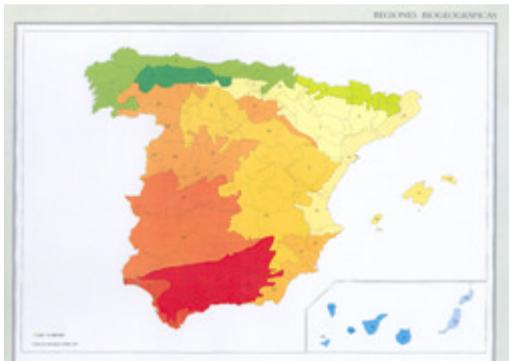


Fig.25.- Regiones Biogeográficas de España. (Según S. Rivas Martínez, 1987).

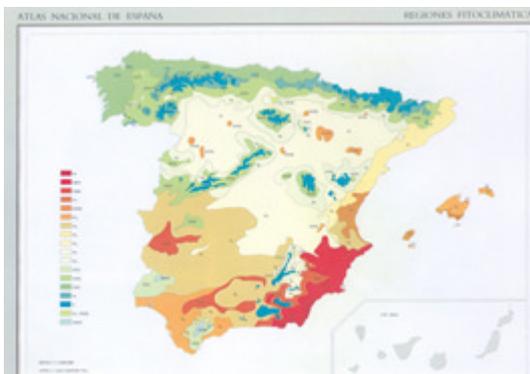


Fig.26.- Regiones fitoclimáticas de la España peninsular y Balear. (Según J.L. Allué, 1966).

El territorio español posee una gran biodiversidad, riqueza de flora y fauna, abundancia de endemismos y una buena red de espacios naturales de gran valor ecológico. Por otra parte, muchas especies presentan en la península Ibérica sus límites de distribución: meridional, occidental o, en menos casos septentrional. Por todo ello, en nuestro país, los datos fenológicos adquieren una especial relevancia para los estudios del clima y el cambio climático.

Se ha señalado por una parte, el valor de los datos fenológicos como integradores de distintas variables climáticas y la importancia biogeográfica de España; por otra, los problemas actuales de observación y las tendencias europeas en este campo. De todo ello se deriva la conveniencia de replantear y rediseñar la observación fenológica en el INM, y de participar activamente en la Red Fenológica Europea así como en los proyectos de colaboración para homogeneizar criterios de observación. A nivel nacional sería importante realizar proyectos conjuntos con la SEO (Sociedad Española de Ornitología). Ello requerirá el acometer en un futuro próximo un conjunto de actuaciones, en particular:

1.- Diseñar un método de observación fenológica y una red de observatorios que haga posible aprovechar al máximo la información de las series más largas de datos históricos, ajustándose a las directrices de la Red Europea de Fenología (EPN), lo que incluye seleccionar las Especies Diana de observación preferente. Estas deben de ser de fácil identificación, abundantes, de amplia distribución geográfica, y de un marcado carácter fenológico que las permitan ser unos buenos indicadores climáticos.

2.- Actualizar o elaborar el material para la identificación de especies y fases fenológicas y para la homogeneidad del método de observación.

3.- Diseñar un mecanismo de formación y comunicación con los observadores fenológicos a través de teléfono o correo electrónico en tiempo real y mediante una Web de fenología del INM. en la Intranet o en Internet.

4.- Establecer los protocolos necesarios para poder disponer de la colaboración tanto de personal del INM. fundamentalmente vinculado a observatorios y CMTs, como de los colaboradores de la red actual que se considera que envían actualmente los datos de mayor calidad.

5.- Potenciar la colaboración con la AME en el campo de la fenología, con el objetivo de organizar una red de observación meteorológica escolar.

Bibliografía

- De Sanz *et al.* (2003): *Global Change Biol.* 9: 461-472.

