

XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española (Teruel, 29 febrero – 2 marzo 2016)

ISBN 978-84-617-5240-9

ADAPTACIÓN DE LA OBSERVACIÓN FENOLÓGICA DE AEMET A LAS RECOMENDACIONES DE LA ACCIÓN COST725 Y LA OMM

L. Martínez-Núñez ⁽¹⁾, T. Gallego ⁽¹⁾, J.A. de Cara ⁽¹⁾, C. Rodríguez ⁽¹⁾, R. Botey ⁽¹⁾

⁽¹⁾ AEMET, Leonardo Prieto Castro, 8. 28071 Madrid, España. jcarag@aemet.es

1. Introducción

La fenología es una ciencia fenomenológica es decir, trata de los fenómenos naturales que “aparecen” o se “manifiestan”. Con el paso del tiempo el término se fue centrando en la descripción de los fenómenos estacionales de tipo biológico al abandonar esta disciplina, en gran medida, la estacionalidad abiótica observada en la naturaleza. Así, en la actualidad se puede definir la Fenología como 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 (de Cara, 2006a).

Se trata de una ciencia descriptiva y observacional que requiere un método de campo preciso para la toma de datos. Estos datos son de interés en agrometeorología, climatología local-regional y para estudios de cambio climático (Menzel, 2002; Mestre y de Cara, 2009). Se han descrito cambios significativos en los fenómenos biológicos, y en la distribución de especies y animales en muchos ecosistemas de todo el mundo (Parmesan, 2006), constituyendo la Fenología una de las herramientas mejor documentadas en el estudio del calentamiento global, del cambio climático y de su impacto en los ecosistemas. Esto se ha plasmado en el impulso y la creación de nuevas redes fenológicas a nivel mundial. Por otro lado, dado que la respuesta fenológica es una adaptación filogenética al clima y a los cambios estacionales del ambiente, así como una acomodación morfofisiológica a la evolución de las condiciones meteorológicas (de Cara, 2006a), las redes de observación fenológica han sido y están siendo gestionadas en muchos países por los servicios nacionales de meteorología (Koch y col., 2009a).

2. Primeros intentos para crear redes y normas de observación fenológica en Europa.

A lo largo de la historia de la fenología se puede observar como las redes fenológicas se organizaron mucho antes de que se creara el término Fenología. A mediados del siglo XVIII Carolus Linnaeus creó la que se podría considerar como primera red fenológica popular, con un total de 18 estaciones en Suecia y Finlandia. Aunque esta red fenológica sólo funcionó durante tres años (1750-1752) para muchos autores Linnaeus es considerado como el padre de la fenología moderna (Koch, 2010).

La toma de datos fenológicos en distintos campos como el estudio de las ciencias naturales, la climatología y la agronomía ha sido una actividad tradicional en Europa desde el siglo XIX (Koch y col., 2009b).

En Reino Unido los datos fenológicos más antiguos que se conocen aparecen publicados en el diario meteorológico de Egiokke. Las primeras observaciones realizadas siguiendo una metodología se llevaron a cabo por Robert Marsham (de Cara, 2006b). Para ello, empleó 27 “indicadores de primavera”, realizando observaciones fenológicas durante 62 años en Norwich, Norfolk (UK). Esta estación mantuvo la actividad de observación durante 7 generaciones, registrando datos de 222 años (1736-1958). En Inglaterra se han encontrado tendencias de adelanto en la foliación del roble con otra importante serie larga de datos, en concreto la serie de Jean Combes con datos del periodo 1947 – 2014 registrados en el condado de Surrey.

La primera red fenológica organizada, en la que participaron observadores de varios países (Bélgica, Holanda, Alemania, Italia, Francia, Inglaterra y Suiza) fue fundada por Lambert Adolphe Jacques Quetelet (Fig. 1). Quetelet recopiló información de 80 estaciones desde 1840 hasta 1870 y la publicó en “*Annals of the Observatory*” y/ en “*Memoirs of the Belgian Academy*” (Demarée y Chuine, 2006). Quetelet también escribió las primeras normas de observación fenológica: “*Instructions pour l’observation des phénomènes périodiques*” (1853). En ese mismo año, Charles Morren, uno de los

observadores de Quetelet y profesor de botánica en la Universidad de Liège, acuñó por primera vez el término fenología siendo aceptado y empleado desde entonces por muchos científicos (Fristch, 1858).

Con el objetivo de unificar las observaciones de todos los investigadores europeos, Karl Von Fritsch, desarrolló una guía de observación fenológica internacional, la cual presentó en una conferencia Internacional de Estadística en Londres en 1860 (de Cara, 2006b, Koch, 2010). Estas Normas fueron aceptadas pero no se llegaron a utilizar (Schnelle, 1955). Sin embargo, Fritsch es recordado como el fundador de la primera red de observaciones



Fig. 1 Retrato del astrónomo belga, matemático, estadístico y sociólogo Adolphe Quetelet (1796-1874) por Joseph-Arnold Demandez (1825-1902).

fenológicas moderna en el Imperio Austro-Húngaro (República Checa, Eslovaquia, Hungría; Rumanía, Croacia y Austria), iniciándose las observaciones en la estación de Praga en 1851, en la de Viena en 1852 y el resto de países en 1877 (Koch y col., 2008).

En Alemania, H. Hoffman, y su alumno E. Ihne, crearon la Red Alemana y Centroeuropa (1881-1941) y publicaron unas instrucciones para la observación de fases fenológicas (Zimmermann y col., 2008). Fueron pioneros en la realización de mapas de líneas isoantes, o de igual fecha de anticipación o retraso de la ocurrencia de un evento fenológico respecto a la localidad de referencia que era Giessen. Posteriormente, promocionaron y extendieron al resto de los países la estandarización de las observaciones fenológicas. Como respuesta al llamamiento que a todas las naciones dirigieron los profesores Hoffmann e Ihne de la universidad alemana de Giessen, el director del observatorio astronómico de Madrid, Miguel Merino, publicó en 1883 unas instrucciones para la observación de 112 especies de plantas (de Cara, 2008).

3. Fenología en España

En España las primeras observaciones fenológicas se realizaron en 1893 en el observatorio meteorológico en la Granja Provincial Experimental localizado en la provincia de Barcelona (de Cara, 2008). Estas observaciones se deben a Hermenegildo Gorría Gollán, director de la Granja y de la Escuela de Agricultura. Además, este observador también organizó en 1895 una red de observadores fenológicos voluntarios en estaciones meteorológicas y agrarias distribuidas por Cataluña (35) y Baleares (6).

En 1932 el Dr. Eduard Fontserè i Riba repartió por Cataluña unas instrucciones de observación fenológica y en 1936 publicó un artículo, en colaboración con María Campmany, titulado: “*Primers resultats de conjunt de les observacions Fenològiques a Catalunya*” (Fontserè y col., 1936).

En el Servicio Meteorológico Nacional (la actual AEMET), D. José María Lorente Pérez, introduce la fenología como parte del estudio de la climatología y realiza un llamamiento a todos aquellos entusiastas del estudio de la naturaleza a realizar observaciones, con el objetivo de construir un mapa fenológico de España. Todo este trabajo se vio reflejado en un artículo publicado en 1934, titulado “*La observación de las plantas en relación con el tiempo, distracción científica*” (de Cara, 2008). En agosto de 1942, el meteorólogo D. José Batista Díaz, continúa el trabajo de Lorente y distribuye unas instrucciones tituladas “*Las observaciones fenológicas, indicaciones para su implantación en España*” (Batista, 1942). Un año más tarde, este mismo meteorólogo, publica el “*Atlas de Plantas para las Observaciones Fenológicas*” (Batista, 1943). Es entonces, en el año 1943, cuando aparecen los primeros mapas de isofenas en el antiguo calendario meteorofenológico de la AEMET (antiguos INM, SMN). Estas publicaciones son actualizadas posteriormente, siendo la Norma C-43, “*Normas e Instrucciones para las observaciones fenológicas*” (INM, 1989), la que ha regido la fenología en la AEMET desde entonces. Unos años más tarde se publica el “*Atlas de Plantas y Aves para las observaciones fenológicas*” (INM, 1991) y el “*Atlas de plantas y Aves de las Islas Canarias*” (INM, 1996).

En la AEMET las observaciones fenológicas se iniciaron por colaboradores voluntarios. Entre todas las colaboraciones, es necesario mencionar especialmente al responsable de las observaciones llevadas a cabo en el pueblo catalán de Cardedeu, D. Pere Comas Durán. Gracias a esta colaboración, actualmente España dispone de un serie continua de datos fenológicos (periodo 1952 – 2004) excelente tanto por su calidad como por su cantidad, de los cuales se han realizado estudios científicos como el realizado por Peñuelas y col. (2002).

4. Hacia la “globalización” de la fenología: la Acción COST 725.

Como se ha descrito anteriormente, muchos países disponen de datos fenológicos pero la densidad de las redes de observación, el método de observación, los filtros de calidad de los datos, las especies observadas, los eventos y fases registrados, el perfil de los observadores etc., no son en absoluto homogéneos. Por una parte existe la necesidad de uniformizar criterios a la hora de estudiar el clima global, el cambio climático e incluso las aplicaciones climatológicas, pero por otra parte, también es conveniente aprovechar el máximo posible de los datos preexistentes en cada país, por la necesidad de disponer de series largas en climatología. Estos son los motivos fundamentales que convergen en el inicio de la Acción COST 725.

COST (European Cooperation in Science and Technology) se inició en 1971 y en la actualidad es la primera y una de las más amplias redes europeas intergubernamentales de coordinación de la investigación científica y técnica europea. Su objetivo es fortalecer la investigación científica y técnica en Europa, financiando el establecimiento de redes de colaboración entre investigadores (www.cost.eu). En el campo ESSEM (Earth System Science and Environment Management) en 2004 comenzó la Acción COST 725 “Establishing a European Phenological Data Platform for Climatological Applications” en el que participaron 27 países, incluida España representada por la AEMET. El objetivo principal de esta Acción era establecer un conjunto de datos de observaciones fenológicas de referencia, que pudiera ser usado en estudios climáticos y especialmente en la detección de cambios.

La Acción comenzó con un inventario de todas las estaciones fenológicas colaboradoras (Fig.2). Los resultados obtenidos mostraron una gran diversidad y variabilidad de especies, así como también en las fases observadas en cada una de las estaciones fenológicas, las cuales se encontraban desigualmente distribuidas en toda Europa (Koch, 2010).

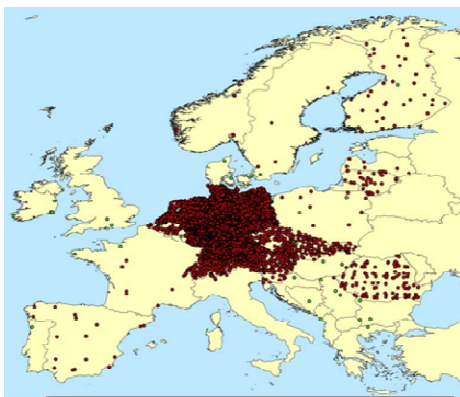


Fig. 2 Estaciones fenológicas, en rojo, y jardines fenológicos internacionales (IPG), en verde, incluidos en la base de datos fenológica Europea (Koch y col., 2009a)

En total la Acción COST 725 evaluó 9803 estaciones, en las cuales se observaban 306 especies diferentes y 92 fases diferentes. Toda esta información fue muy útil para poner en común y construir una lista de especies y fases vegetales, todo ello con el fin de construir una base de datos única que fuese útil en el futuro a la hora de realizar estudios fenológicos. Fue en abril de 2005, en una reunión celebrada en Viena, cuando los miembros del COST 725 crearon dicha lista (Tabla. 1), la cual se compuso de aproximadamente 55 especies de plantas y 27 fases fenológicas definidas con el código BBCH. El principal criterio seguido para la selección de plantas/fases fue su presencia en los programas de observación fenológica, de manera que se eligieron las que tenían mayor representación.

Tabla 1. Lista de plantas seleccionadas en el COST 725 para la creación de una base de datos en común (Koch, 2010)

Plantas autóctonas	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Tussilago farfara</i>
<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Alnus incana</i>
<i>Betula pendula (verrucosa/alba)</i>	<i>Anemone nemorosa</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Betula pubescens</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>
<i>Forsythia suspensa</i>	<i>Galanthus nivalis</i>
<i>Picea abies (P. excelsa)</i>	<i>Larix decidua</i>
<i>Quercus robur (Q. pedunculata)</i>	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Sambucus nigra</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Siringa vulgaris</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
<i>Salix caprea</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Tilia cordata</i>	
Plantas norteñas	
<i>Calluna vulgaris</i>	<i>Geranium sylvaticum</i>
<i>Cornus suecica</i>	<i>Juniperis communis</i>
<i>Epilobium angustifolium</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Populus tremula</i>
Plantas del Sur	
<i>Laurus nobilis</i>	<i>Olea europaea</i>
<i>Prunus amygdalis/dulcis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Árboles frutales	
<i>Malus x domestica</i>	<i>Prunus domestica</i>
<i>Prunus avium (Cerasus avium)</i>	<i>Pyrus communis</i>
<i>Vitis vinifera</i>	<i>Ribes rubrum</i>
Plantas agrícolas	
<i>Hordeum vulgare</i>	<i>Secale cereale</i>
<i>Triticum aestivum</i>	<i>Avena sativa</i>
<i>Beta vulgaris</i>	<i>Helianthus annuus</i>
<i>Solanum tuberosum</i>	<i>Zea mays</i>

Es también durante esta Acción cuando se elabora y acepta una guía estándar para las observaciones fenológicas, *Guidelines for Plant Phenological Observations*, la cual fue revisada y aceptada posteriormente por la OMM para su publicación (Koch y col., 2007).

5. La fenología en la AEMET actualmente.

En la AEMET la necesidad de digitalizar los registros, así como también la de adaptar las observaciones fenológicas a las directrices de la Acción COST 725 y de la Organización Mundial Meteorológica (OMM) han convergido en la creación de una nueva Base de Datos Fenológica (BDF) soportada en Oracle. El objetivo principal de esta nueva base es poder disponer de información de observaciones fenológicas a nivel nacional de mayor calidad y fácil disponibilidad, utilizando los recursos del Banco Nacional de Datos Climatológicos (BNDC) de la AEMET.

La Acción COST 725 y la OMM recomiendan el empleo del código BBCH (Fig.3) en la observación de estadios de especies vegetales en estudios climáticos (Koch y col., 2007; Koch y col., 2009a). La escala extendida BBCH (Meier, 2001) es uniforme, de amplio rango, aplicable a diversos cultivos y estandarizada a nivel internacional, si bien en un principio fue creada para especies agrícolas. En el Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas de la AEMET, se han definido y adecuado las normas del código BBCH a los estadios-tipo teniendo en cuenta la anatomía, pero más aún la propia experiencia de la observación de la fisonomía fenológica a nivel de individuo y de la población-estación; así como también las normativas anteriores publicadas en la AEMET (INM, 1989). Estos estadios-tipo se han descrito para una selección de especies vegetales silvestres y agrícolas, así como también para aves e insectos, lo que ha permitido continuar las series largas de datos existentes en la AEMET. A su vez, se han seleccionado nuevas especies recomendadas por su interés ecológico-climático; ejemplo de ello podemos citar las del entorno del Observatorio de Izaña.

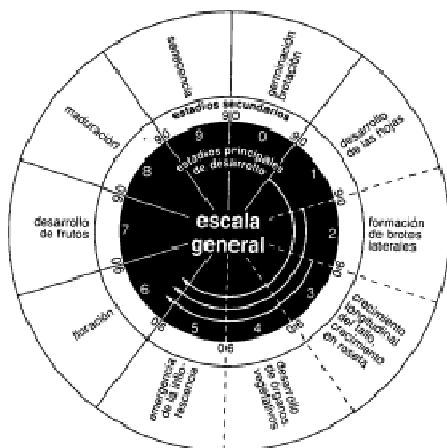


Fig. 3 El ciclo de desarrollo de plantas mono y dicotiledóneas dividido en estadios de desarrollo principales y secundarios (Meier, 2001)

Para el diseño de la BDF se ha considerado en parte la sistemática taxonómica y la anatomía vegetal, así como también la biología de las distintas especies. La estructura de la Base de Datos se conforma de diferentes tablas, entre las cuales se encuentran las siguientes utilizadas en la identificación de la población de individuos a observar:

- *Tabla grupo*: identifica si la especie es ave, insecto, planta agrícola o silvestre, etc.
- *Tabla subgrupo*: esta tabla agrupa las especies en función del grado de similitud de su desarrollo biológico. Así por ejemplo, los cereales comparten los mismos estadios fenológicos y por lo tanto forman un subgrupo dentro de la BDF. Lo mismo ocurre con las aves reproductoras, los frutales de pepita, mariposas, etc.
- *Tabla género*: identifica el género al que pertenece la especie.
- *Tabla especie*: identifica la especie por su nombre científico.
- *Tabla subespecie*: identifica las subespecies.
- *Tabla variedades*: en las especies agrícolas identifica las diferentes variedades de una misma especie.
- *Tabla estadios-subgrupos*: en ella se identifican y describen los estadios seleccionados para que sean cifrados en cada especie/variedad.

Al igual que ocurre con los datos climáticos, la documentación de los datos fenológicos registrados es de suma importancia (Koch y col., 2007). Es por ello que la estructura de la BDF también está formada por una serie de tablas que recogen los metadatos de cada estación fenológica (Fig. 4). Dichas tablas incluyen toda la información sobre la descripción de las estaciones y el inventario de la información registrada, de manera que son muy útiles a la hora de interpretar los datos grabados en la BDF. Normalmente, cada una de las estaciones fenológicas que conforman la base está asociada a una estación climatológica (Fig. 4) en la que se definen una o varias zonas de observación, éstas a su vez se ajustan a las condiciones ecológico-geográficas recomendadas por la Acción COST 725 (Koch y col., 2009a) y la OMM (Koch y col., 2007).

En la actualidad en la nueva BDF se encuentran ya dadas de alta 58 estaciones fenológicas y 196 especies diferentes. La Delegaciones Territoriales de la AEMET son las que se encargan de la relación con los diferentes colaboradores fenológicos en todo el territorio nacional, dando asesoramiento y proporcionando los medios para que los datos fenológicos sean cargados en la BDF lo antes posible. Actualmente, también se realiza una labor de grabación de datos históricos utilizando la equivalencia de las claves antiguas con el código BBCH.



Fig. 4 Información recopilada previamente a la incorporación de una estación fenológica a la BDF de la AEMET.

Con el objetivo de aumentar la calidad de las observaciones fenológicas y fomentar el uso de las nuevas tecnologías para la captación y archivo de datos en la nueva BDF, se han impartido cursos de formación para el personal de la AEMET. Éstos han facilitado que en los tres últimos años se hayan iniciado las observaciones fenológicas en el entorno de los siguientes Observatorios principales de la AEMET: Guadalajara (que posee un jardín para observaciones fenológicas), Igueldo, Izaña, Ciudad Real, Navacerrada, Daroca, Cáceres, Badajoz y Albacete.

Próximamente, también se encontrará disponible en la AEMET un curso “on-line” de iniciación a la Fenología, que facilitará la formación de nuevos colaboradores fenológicos.

Por otro lado, ya están disponibles nuevos cuadernos de campo (Fig. 5) particularizados para cada estación fenológica. En cada uno de ellos se describen las zonas, especies y estadios a observar, con el objetivo de ayudar a los observadores a cifrar con una metodología que permita conseguir series largas y continuadas de registros fenológicos.

La implantación progresiva en la AEMET de una observación fenológica cada vez más estandarizada, profesionalizada e informatizada, permitirá obtener y gestionar los datos fenológicos de calidad necesarios para el estudio del clima (global, regional y local), su variabilidad y su influencia en ecosistemas naturales, agrobiosistemas y cultivos agrícolas.

GRUPO	Plantas agrícolas		COD 35
SUBGRUPO	Frutales de hueso		
GÉNERO	Prunus		
ESPECIE	Prunus armeniaca (Albarcoquero)		
VARIEDAD			
F8368U	TERUEL		
ZONA 0			
ANO			
FECHA Día/mes	COD C43	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
	SI	05X	Siembra o plantación
		09X	Apices foliares verdes visibles, las escamas marrones caen
	FO	11X	Primeras hojas desplegadas
		53X	Apertura de la yema floral: escamas marrones separadas; sectores verde claro visibles
		59X	Pétalos formando una bola hueca. Balón
		61X	Comienzo de la floración, alrededor del 10% de las flores abiertas
	FL	63X	Floración al 30%
		65X	Floración al 50%. Plena floración
		69X	Fin de la floración, flores con pétalos caídos
		71X	Cuajado del fruto
	MA	87X	Madurez de recolección
		89X	Madurez biológica. Los frutos se desprenden con relativa facilidad
	RE	9RX	Recolección
	CO	92X	Comienzo del cambio de color de las hojas
	HO	93X	Comienzo de la caída de las hojas
		94X	Alrededor del 50% de las hojas con cambio de color
		95X	Alrededor del 50% de las hojas caídas
		97X	Fin de la caída de las hojas



Fig. 5 Ficha de observación de Prunus armeniaca con la descripción de estadios, obtenida de un cuaderno de campo elaborado por el Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas de la AEMET.

6. Referencias.

- Batista Díaz J. 1942. *Las observaciones fenológicas indicaciones para su implantación en España*. Ministerio del Aire. Servicio Meteorológico Nacional. Serie C, nº 8. Madrid.
- Batista Díaz J. 1943. *Atlas de plantas para las observaciones fenológicas*. Ministerio del Aire. Servicio Meteorológico Nacional. Sección de climatología. Serie C, nº 9. Madrid.
- de Cara J.A. 2006a. *La observación fenológica en agrometeorología*. *Ambienta: la revista del Ministerio de Medio Ambiente*, 53: 64-70.
- de Cara J.A. 2006b. *Notas para la historia de la fenología: la aportación del INM*. *Boletín de la Asociación Meteorológica Española*, 14: 15-19.
- de Cara. 2008. *Phenological observations at the Spanish meteorological service (INM): a brief history and present status*. En: COST Action 725: the history and current status of plant phenology in Europe. European Cooperation in the field of Scientific and Technical Report. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Demarée G, Cuine I. 2006. *A concise history of the phenological observations at the Royal Meteorological Institute of Belgium*. En: Dalezios H. Tzortzios S (eds) *Proceedings vol III Phenology-Agroclimatology*. HAICTA. Volos 20-23 pp.
- Fontserè I, Riba E, Campmany M. 1936. *Primers resultats de conjunt de les observacions fenològiques a Catalunya*. Nota d'Estudi, Servei Meteorològic de Catalunya. 39 pp
- Fritsch K. 1858. *Instruction für phänologische Beobachtungen*. *Jahrbücher der k.k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus*, V. Band, Jg 1853. Kaiserlich KÖnigliche Hof- und Staatsdruckerei Wien. 51-62 pp.
- Instituto Nacional de Meteorología (INM). 1989. *Normas e instrucciones para las observaciones fenológicas*. Sección de Meteorología y Fenología. Publicación c-43.
- Instituto Nacional de Meteorología (INM). 1991. *Atlas de plantas y aves para las observaciones fenológicas*. Servicio de Aplicaciones Climatológicas. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Instituto Nacional de Meteorología (INM). 1996. *Atlas de aves y plantas de las Islas Canarias*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.
- Koch E. 2010. *Global framework for data collection – Data bases, data availability, future networks, online databases*. En: “Phenological Research: Methods for environmental and climate analysis”. Ed: Springer Dordrecht Heidelberg London New York. 23-61 pp.
- Koch E, Bruns E, Chmielewski F.M, Defila C, Lipa W, Menzel A. 2007. *Guidelines for Plant Phenological Observations*. WMO Technical Commission for Climatology, Open Program Area Group on Monitoring and Analysis of Climate Variability and Change (OPAG2).
- Koch E, Lipa W, Neumcke R, Zach S. 2008. *The history and current status of the Austrian Phenology Network*. En: COST Action 725: the history and current status of plant phenology in Europe. European Cooperation in the field of Scientific and Technical Report. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Koch E, Donnelly A, Lipa W, Menzel A, Nekovář J (Eds). 2009a. *Final Scientific Report of COST 725. Establishing a European data platform for climatological applications*. European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research.
- Koch E., Dittmann E, Lipa W., Menzel A., Nekovar J., Sparks T.H., van Vliet J.H. 2009b. *COST 725-establishing a European phenological data platform for climatological applications: major results*. *Advances in Science and Research*, 3: 119-122.
- Meier U. 2001. *Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas*. *BBCH Monografía*. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura.
- Menzel A. 2002. *Phenology: its importance to the global change community*. *Climatic Change*, 54 (4): 379-385.
- Mestre A. y de Cara J.A. 2009. *Impactos del Cambio Climático en los ecosistemas forestales Ibéricos*. Libro de Actas del 1^{er} seminario WCRP-DIVERSITAS En: “Predicciones de Cambio Climático y Vegetación”; 139-166 pp.
- Parmesan C. 2006. *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637-669.
- Peñuelas, J., Filella, I., & Comas, P. 2002. *Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region*. *Global Change Biology*, 8(6), 531-544.
- Quetelet, A. 1853. *Instructions pour l'observation des phénomènes périodiques*. Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Bruxelles, 15 p.
- Schnelle F. 1955. *Pflanzenphänologie*. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig.

Zimmermann K, Behrendt J, Polte-Rudolf C. 2008.
History and current status of German phenology.
En: COST Action 725: the history and current
status of plant phenology in Europe. European
Cooperation in the field of Scientific and
Technical Report. Vammalan Kirjapaino Oy.