

Caracterización fenológica de la estación de Tudela de Duero (Valladolid)

Juan Antonio DE CARA GARCÍA¹, Teresa GALLEGO ABAROA¹,
Luis Pascual REPISO², Ramiro ROMERO FRESNEDA¹

¹*Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas de AEMET*

²*Colaborador de la red fenológica de AEMET en Tudela de Duero y dibujante*

*«Quien no sabe lo que busca no ve lo que encuentra»,
Claude Bernard (París, médico y biólogo teórico).*

*«Es fácil acumular datos, y la misión del investigador consiste en ir más allá, elaborando teorías y ofreciendo explicaciones, y de este modo dar verdadero sentido al estudio científico»,
Maynard Smith (Londres, biólogo evolutivo).*

Resumen: La fenología, que como ciencia se sitúa entre la ecología y la climatología, es una herramienta importante para estudios aplicados a los sectores agrario y medioambiental. Los datos fenológicos pueden caracterizar el clima (y los microclimas) de un territorio, su variabilidad y tendencias, los gradientes ambientales de tipo atmosférico y edafoclimático, así como la variabilidad genética poblacional de las especies biológicas en relación con su área geográfica de distribución.

Con los datos fenológicos de la estación de Tudela de Duero se ha realizado una estadística descriptiva sencilla para caracterizar ecoclimáticamente la estación, definir una primavera fenológica típica («un calendario natural») y hacer una búsqueda de tendencias en las fechas de ocurrencia de los eventos. Se muestra con esta colaboración un resumen de esos trabajos.

Palabras clave: fenología, observación fenológica, Tudela de Duero, calendario natural, indicadores, estadios, eventos de primavera, tendencias.

INTRODUCCIÓN A LA FENOLOGÍA

La naturaleza muestra ciclos o ritmos en el curso del paso del tiempo (diarios, mareales, lunares, etc.) y los humanos, desde siempre, aspirando a un mínimo de seguridad, han tratado de buscar ritmos regulares. El conocimiento del paso de las estaciones era necesario para sobrevivir con la caza y la recolección en el Paleolítico, también para practicar con éxito la agricultura desde el Neolítico hasta la actualidad. El ambiente cambiante con el curso de los meses se manifiesta en los cambios de tiempo atmosférico, la disponibilidad de agua, la caza, los pastos y los cultivos, la llegada y partida de las especies migratorias o el comportamiento de la fauna. Aunque los eventos observados en el medio natural se miden con el tiempo físico los periodos no son absolutamente idénticos, suceden todos los años por la misma época pero no necesariamente en la misma fecha.

El tiempo atmosférico, y por tanto el clima, que no es más que su integración sobre un periodo «razonable» (MARGALEF, 1992) no presenta regularidades precisas según mecanismos causales sencillos. Dentro de una cierta previsibilidad hay imprevisibilidad y ello hace que los cambios ambientales estacionales deban ser estudiados en términos estadísticos; la frecuencia de los cambios y su importancia ecológica está estrechamente asociada a su variabilidad («la frecuencia de sus desviaciones respecto a sus valores normales»). La estacionalidad del clima y sus manifestaciones biológicas (la fenología) determinan la composición y estructura temporal del ecosistema,

las relaciones entre sus elementos, sus flujos de materia, la gestión de la energía y unos «patrones de progresión de eventos estacionales», es decir: el «calendario de la naturaleza».

El clima de un lugar, es un factor ambiental fundamental que actúa sobre organismos, ecosistemas y paisajes. Afecta a distintos elementos y procesos; la composición y fisonomía de la vegetación, la meteorización del roquedo y modelado del relieve, las características hídricas y edáficas del terreno o la producción de cultivos y montes. En las latitudes medias, el clima es estacional; es el factor que determina los cambios ambientales, ecológicos y fisonómicos que suceden con el paso de las estaciones.

La fenología estudia los cambios, de periodicidad anual, observados en los ciclos biológicos de las especies como adaptación genético-evolutiva al clima y acomodación fisiológica al tiempo (a las condiciones atmosféricas). Los eventos¹ fenológicos son manifestaciones de cambios en la morfofisiología de los organismos de las distintas especies y en la composición en la biocenosis o comunidad biológica de los ecosistemas. Los factores ambientales fundamentales que afectan a la fenología son: el fotoperiodo, la integral térmica o acumulación de calor (grados-día), la insolación, la humedad edáfica y la acumulación de frío (horas-frío) durante el periodo de reposo invernal.

Como respuesta a condiciones ambientales, la fenología es un indicador de los elementos que actúan como factores (sobre todo el clima y el curso meteorológico anual) pero para que los datos obtenidos de la observación sean buenos y útiles para el estudio del clima o de la ecología, deben ser tomados con método y precisión. Por ello, en AEMET se publicó el libro titulado «Selección de especies de interés fenológico en la península ibérica e islas Baleares» dirigido a los colaboradores de la red fenológica y al personal de la Agencia; en él se describen las especies, su distribución y hábitats, así como los estadios de los ciclos biológicos (adaptando para ello el código BBCH² recomendado por la Organización Meteorológica Mundial, OMM) y se explica el método de observación. La observación fenológica pretende obtener datos fenológicos; es decir, la fecha de ocurrencia de un evento y para ello se requiere identificar correctamente las especies, reconocer la morfología de los estadios³ y evaluar una fecha con sentido de población en la estación⁴ (*site*). La fenología primaveral está mejor acoplada al clima y es más fácil de estudiar que la otoñal.

En climatología es fundamental tener estaciones de observación con series de datos largas y homogéneas. La estación fenológica de Tudela de Duero es una de ellas debido a la observación continuada por el mismo colaborador y a su gran dedicación y calidad de trabajo. Con esta publicación se pretende mostrar la relación de los eventos fenológicos con el clima, en la primavera de Tudela de Duero, mediante una caracterización estadístico-descriptiva de los eventos y un calendario natural de la sucesión de los mismos asociados a la acumulación de grados-día, como causa fundamental de las manifestaciones fenológicas, que sirva de información útil en agronomía y estudios de biología de campo.

¹ Evento: acontecimiento fenológico (estadio-especie-estación) que se puede asociar a una fecha. Se suelen usar porcentajes fácilmente observables de las fases (inicio o 10 %, pleno o 50 %, final-total o 90 %) o manifestaciones concretas y precisas que duran muy pocos días.

² BBCH (*Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt and CHemical industry*): código de cifrado de estadios principales y secundarios elaborado en Alemania para el estudio de algunas plantas agrícolas y recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para el estudio de la fenología climática; en AEMET ha sido adaptado.

³ Estadio = fase: periodo del ciclo biológico anual de una especie, caracterizado por una morfología, fisiología, requerimientos ambientales y comportamiento. Se distinguen estadios principales y secundarios (estos son subdivisiones de los principales).

⁴ Estación (*site*) «de observación fenológica»: área de terreno relativamente homogénea en cuanto al clima (o a sus gradientes según la fisiografía) en la que se realizan observaciones fenológicas. Se suele asociar a una estación climatológica. En ella puede haber una o varias zonas de observación según las normas de homogeneidad fisiográfica indicadas por la OMM.

TUDELA DE DUERO: GEOGRAFÍA Y CLIMA

En la comarca agraria de Valladolid Centro, a unos 10 km al sureste de las afueras de la capital, se encuentra la localidad de Tudela de Duero (700 metros sobre el nivel del mar), en la ribera del río (imágenes 1 y 2). El relieve es, en general llano, o de muy suaves pendientes, que se inclinan hacia el suroeste siguiendo la dirección general del curso del Duero o hacia las zonas altas.



Imágenes 1 y 2. A la izquierda, Tudela de Duero en las proximidades de la capital, Valladolid. A la derecha, la campiña en la llanura de Tudela de Duero, con zonas de pinar (verde oscuro), parcelas hortícolas (verde claro) y de siembras y rastros de cereal (pardo-ocres claros) y barbechos (pardo-grises).

En las superficies de páramo de las mesas y cerros testigo (mamblas, tesos, oteros, alcores, cerratos) domina la roca caliza; en las cuestas, las margas yesíferas; en los fondos de valle, las arcillas y en los terrenos de terraza fluvial, los sedimentos de arenas y gravas. A unos 2 km al sureste del casco urbano hay un alto y amplio páramo con alturas en torno a los 850 m; hacia el norte hay mamblas aisladas y a unos 5-6 km, una mesa con amplia plataforma de páramo en torno a los 870 m de altura.

En las zonas de valle hay campiña con tierras de vega y de secano así como pinar de piñonero (*Pinus pinea*) y negral o resinero (*Pinus pinaster*); al norte del río dominan los campos agrícolas mientras que en la zona sur alternan los cultivos y el pinar (hay una importante masa forestal al suroeste del pueblo). En los altos páramos hay cultivos de cereal en secano con restos de pino piñonero, encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*), quejigo (*Quercus faginea*), enebro (*Juniperus communis*), sabina albar (*Juniperus thurifera*) y sus matorrales de degradación. En las cuestas de las vertientes con fuertes pendientes (en algunos lugares acarcavadas) hay encina, quejigo y pinar de Alepo (*Pinus halepensis*) y en los sotos y riberas hay álamos o chopos (*Populus alba* y *Populus nigra*), sauces (*Salix* sp.), fresnos (*Fraxinus angustifolia*), avellanos (*Corylus avellana*), alisos (*Alnus glutinosa*) y olmos (*Ulmus* sp.). Los cultivos son de viña, cereal, legumbres, remolacha, girasol, colza, patata, plantas aromático-medicinales y frutales, destacando por su importancia el tomate y el «espárrago de Tudela de Duero». En cuanto a la biogeografía y fitosociología, la estación de Tudela de Duero se encuentra en la región mediterránea, provincia ibérico-central castellana (= castellano maestrazgo manchega), subprovincia castellana y sector castellano-duriense (RIVAS MARTÍNEZ, 1987).

El clima de la comarca es mediterráneo continental, con lluvias más abundantes en octubre-noviembre asociadas a vientos de componente oeste (ponientes, ábregos y viento regañón o gallego) y muy escasas en junio-septiembre, sobre todo en julio y agosto. El periodo libre de heladas es junio-septiembre, siendo muy poco frecuentes en mayo y octubre y poco frecuentes en abril; en invierno son abundantes las nieblas. Según las distintas clasificaciones climáticas, la comarca se incluye en los siguientes climas: continental extremo tipo meseta norte (FONT, 1983), Csa mediterráneo según la clasificación de Köppen de 1918 y 1936 (CHAZARRA y otros, 2018),

mediterráneo templado según las clasificaciones de Papadakis, de 1966 y 1980 (MAPA, 2012), VI(V)1 o nemoromediterráneo genuino (ALLUÉ, 1966, 1990) y Tócsm o templado oceánico submediterráneo de termoclina supramediterráneo (RIVAS MARTÍNEZ, 2009).

Para la descripción estadística del clima de la zona se han tomado los datos de la serie completa de 1991-2020 del observatorio de Valladolid, los cuales son suficientemente representativos de Tudela de Duero considerando la proximidad y fisiografía. Algunos datos climáticos significativos son los siguientes: precipitación total anual, 433,5 mm; temperatura media de máximas del mes más cálido (julio), 30,9 °C; temperatura media de mínimas del mes más frío (enero), 0,7 °C; número total anual de días de helada, 51,5 días; número total de días de precipitación, 101,3 días; número de total anual de horas de insolación 2703,5 horas; temperatura media de máximas de julio-agosto, 30,6 °C; precipitación total de verano (junio-julio-agosto), 52,1 mm; fecha media de la última helada de primavera, el 7 de abril; y fecha media de la primera helada de otoño, el 15 de noviembre (gráficos 1-4).

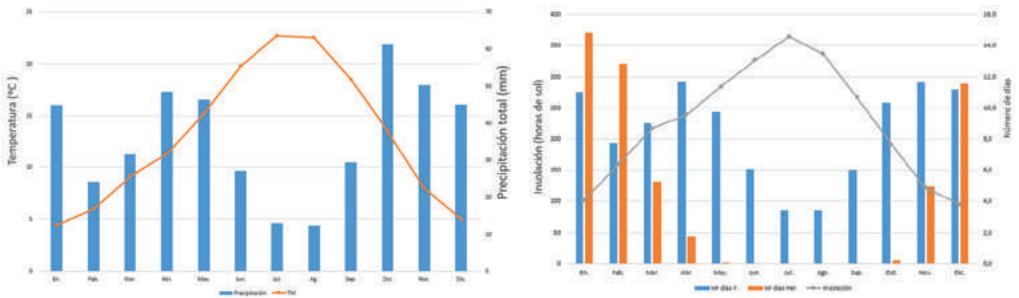


Gráfico 1 (izquierda): diagrama ombrotérmico, temperatura media mensual (línea roja), precipitación media mensual (barras azules). Gráfico 2 (derecha): número de horas de sol (línea gris), número de días de precipitación (barras azules) y de helada (barras rojas).

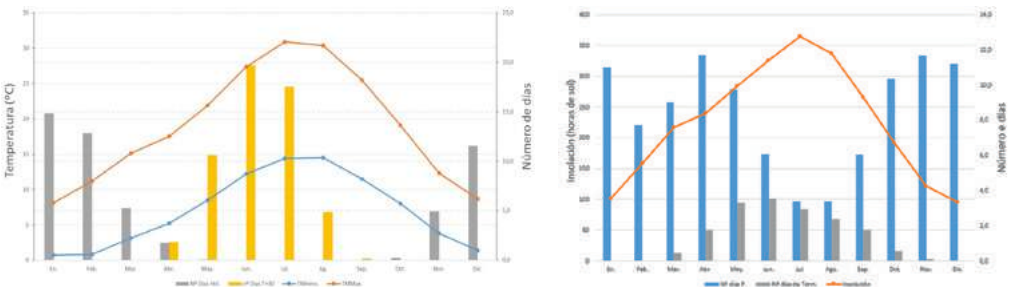


Gráfico 3 (izquierda): temperatura media de máximas (línea roja), temperatura media de mínimas (línea azul), número de días de helada (barras grises) y número de días con temperatura máxima > 30 °C (barras amarillas). Gráfico 4 (derecha): insolación u horas de sol (línea roja), número de días de precipitación (barras azules) y número de días de tormenta (barras grises).

Durante los meses de enero, febrero y abril, para el periodo 1991-2020 se observa una ligera tendencia al aumento de temperaturas mientras que en marzo es al descenso, pero en cualquier caso sin significación estadística; además, entre los días 21 y 27 de marzo, en torno al Día Meteorológico Mundial y al de la Anunciación (23 y 25 de marzo), se detecta un descenso de temperatura media diaria; un «inviernillo», el de los últimos días de marzo («los del rabo») a los que alude el refranero: «A marzo alabo si no vuelve el rabo», «Cuando marzo vuelve el rabo, queda invierno para rato», «Cuando marzo vuelve el rabo, no queda oveja con pelleja, ni pastor deszamarrado», «Por la Encarnación los últimos fríos son, si el año no sale respondón».

Para el estudio de la fenología de la estación Tudela de Duero se han tomado los datos de su zona de referencia principal (zona cero), denominada Ribera/entorno urbano, cuyo punto de referencia es: latitud 41° 34' 53,7" N, longitud 4° 34' 42,1" W y altitud 697 m.

CARACTERIZACIÓN FENOLÓGICO-ESTADÍSTICA DE EVENTOS DE PRIMAVERA

En una estación de observación fenológica con una serie larga de datos se puede hacer una estadística descriptiva de las fechas en que suceden los eventos. Se ha usado como dato el día juliano y con las series de datos se han calculado la media y la desviación típica, la mediana y los quintiles (valores con los que se definen cinco rangos en cada uno de los cuales se encuentran el 20 % de los datos de la serie) (tabla 1). De este modo se han caracterizado los rangos de fechas de ocurrencia de cada evento como: normal, temprana, tardía, muy temprana y muy tardía. La mediana queda comprendida en el rango normal y los datos más temprano y más tardío absolutos de la serie son los extremos, inferior del primer rango y superior del quinto. De este modo ante un evento observado un año cualquiera (del pasado o en el futuro) se le puede asociar un carácter fenológico; de forma similar a como se hace con las precipitaciones (normal, húmedo, seco, muy húmedo y muy seco) y las temperaturas (normal, cálido, frío, muy cálido y muy frío).

Se han buscado eventos indicadores que sean significativos en un calendario de la naturaleza; es decir, fenómenos biológicos naturales que con su manifestación indican, con sentido climático y ecológico, en qué época de la primavera nos encontramos; la sucesión característica de estos eventos es el calendario de la naturaleza. Para ello se ha analizado el rango del periodo normal, valorando si es muy estrecho (igual o inferior a tres días) y la desviación típica respecto a la media, valorando si es pequeña (igual o inferior a ocho días). Si un evento cumple los dos criterios se ha considerado un indicador muy bueno y si cumplen solo uno se considera bueno (tabla 1). Estos criterios son subjetivos, pero permiten una cierta tipificación útil de acontecimientos para la gente de campo y naturalistas.

El evento con mayor significación estadística como indicador del curso de la primavera es la llegada del vencejo común (*Apus apus* R3) cuyo rango de fechas normales es de 2 días (uno de ellos es la mediana) y cuya desviación típica es de 4,2 días (aproximadamente un entorno de 8 días). Otros indicadores muy buenos (según el criterio establecido) han sido: manzano (*Malus domestica* 07), cerezo (*Prunus avium* 61, 65 y 09), golondrina (*Hirundo rustica* R3) y peral (*Pyrus communis* 61 y 63).

Los eventos que resultan ser buenos indicadores son: almendro (*Prunus dulcis* 65 y 11), peral (07 y 65), lilo (*Syringa vulgaris* 11 y 61), manzano (61), álamo blanco (*Populus alba* 07), nogal (*Juglans regia* 07), chopo negro (*Populus nigra* 07) y majuelo (*Crataegus monogyna* 63). En varios de ellos se observa una desviación típica alta (por encima de la condición impuesta) pero basta que haya unos pocos datos muy extremos en la serie para que la desviación típica sea importante, al igual que hacen que los rangos de «muy temprano» y/o «muy tardío» sean amplios (especialmente se observa en «muy temprano» siendo, en el caso de las aves, más irregulares las llegadas muy tempranas que las partidas muy tardías). No obstante, se pueden considerar estos eventos como buenos si cumplen la condición del rango de fechas normales estrecho debido a que en la naturaleza la mediana es más significativa que la media. Por otra parte; los eventos 63 (floración al 30 % en la población de la especie en la estación) no han sido significativos, salvo en el caso del majuelo pero con una desviación típica muy alta (9,2). Ello puede ser debido a la dificultad de la evaluación de porcentajes de floración en plena naturaleza siendo mucho mejores indicadores por simple cuestión de percepción psicológica y método de observación el inicio de la floración o floración al 10 % (61) y la plena floración o floración al 50 % (65).

Caracterización fenológico-estadística de eventos en la estación de Tudela de Duero
INDICADOR: Bueno / Muy bueno

Evento	Mediana	Muy temprano	Temprano	Normal	Tardío	Muy tardío	Media	Desviación típica	Media más/menos la desviación típica	Mínimo y máximo de la serie
Almendro 65	73	50 - 64	65 - 71	72 - 74	75 - 82	83 - 90	72,7	10,1	62,6 - 82,7	50 - 90
Almendro 11	84	47 - 75	76 - 83	84 - 87	88 - 91	92 - 98	82,9	9,3	73,6 - 92,1	47 - 98
Peral 07	75	64 - 66	67 - 71	72 - 77	78 - 80	81 - 87	73,9	6,9	67,0 - 80,8	64 - 87
Peral 61	84	69 - 75	76 - 82	83 - 85	86 - 89	90 - 99	82,8	7,8	75,0 - 90,6	69 - 99
Peral 63	89	71 - 78	79 - 87	88 - 89	90 - 93	94 - 102	86,6	8,0	78,6 - 94,5	71 - 102
Peral 65	92	74 - 84	85 - 90	91 - 95	96 - 98	99 - 107	91,9	8,0	83,9 - 100,0	74 - 107
Lilo 11	81	64 - 71	72 - 78	79 - 83	84 - 87	88 - 92	79,3	8,0	71,2 - 87,3	64 - 92
Lilo 61	101	77 - 90	91 - 98	99 - 102	103 - 107	108 - 113	98,6	9,1	89,5 - 107,8	77 - 113
Golondrina R3	78	71 - 75	76 - 77	78 - 80	81 - 86	87 - 92	80,0	6,0	74,0 - 86,1	71 - 92
Cerezo 61	84	71 - 77	78 - 82	83 - 86	87 - 89	90 - 94	83,0	5,9	77,2 - 88,9	71 - 94
Cerezo 65	98	81 - 88	89 - 96	97 - 99	100 - 103	104 - 109	96,1	7,4	88,8 - 103,5	81 - 109
Cerezo 09	101	84 - 91	92 - 100	101 - 102	103 - 108	109 - 112	100,0	7,9	92,1 - 107,9	84 - 112
Manzano 07	89	78 - 85	86 - 88	89 - 91	92 - 95	96 - 103	89,9	6,4	83,5 - 96,3	78 - 103
Manzano 61	100	83 - 93	94 - 99	100 - 102	103 - 107	108 - 118	100,4	8,1	92,3 - 108,6	83 - 118
P. alb 07	95	75 - 89	90 - 92	93 - 96	97 - 100	101 - 108	93,8	8,2	85,6 - 102,0	75 - 108
Nogal 07	95	78 - 89	90 - 92	93 - 96	97 - 103	104 - 109	94,6	8,3	86,3 - 102,9	78 - 109
P. negra 07	108	76 - 96	97 - 105	106 - 109	110 - 112	113 - 121	103,4	9,7	95,7 - 115,1	76 - 121
Venciojo R3	118	110 - 112	113 - 116	117 - 118	119 - 120	121 - 125	116,6	4,2	112,4 - 120,8	110 - 125
Majuelo 63	118	95 - 111	112 - 117	118 - 119	120 - 126	127 - 139	117,8	9,2	108,6 - 127,0	95 - 139

Tabla 1. Valores de centralización y dispersión de los datos de fechas de evento fenológico (en día juliano): mediana, rangos del carácter fenológico obtenido por el método de los quintiles (muy temprano, temprano, normal, tardío y muy tardío), media, desviación típica, media más/menos la desviación típica, valores mínimo y máximo de la serie. Estadíos estudiados: floración o flores abiertas: 61 (comienzo de la floración, alrededor del 10 % de flores abiertas), 63 (floración al 30 %), 65 (floración al 50 % o plena floración); brotación: 07 (comienzo de la apertura de yemas, primeros ápices foliares visibles), 09 (ápices foliares verdes visibles, las escamas marrones caen); foliación: 11 (primeras hojas desplegadas); y llegada de aves migratorias estivales para la reproducción: R3 (llegada, fecha en la que se detecta el asentamiento de algún individuo de la especie).

CALENDARIO DE LA NATURALEZA, SEGÚN LA SUCESIÓN CARACTERÍSTICA DE EVENTOS

En la teoría ecológica de indicadores a veces se hace un símil con la patología para caracterizar el estado de un sistema. Las manifestaciones fenológicas son información del entorno natural; información de las condiciones ambientales del tiempo pasado e información como predictores ambientales de las condiciones y relaciones que se puedan dar en el futuro próximo. La observación fenológica subjetiva, del paisaje o la estación, es un «síntoma» y la observación objetiva, el dato fenológico, es un «signo» del estado del ecosistema. Los distintos eventos fenológicos suceden normalmente en un cierto orden de progresión característico, muchos relacionados entre sí; de forma que, en un lugar un conjunto de «síntomas y signos», apreciaciones y datos, constituye un «cuadro» para el «diagnóstico» del estado ambiental de la estación o lugar; monte, finca, parcela, pago local, etc. Los eventos fenológicos en un lugar se manifiestan según un orden típico; el «calendario natural» y la información que ello proporciona es importante en relación con los periodos críticos de los ciclos biológicos, aquellos en los que hay una especial sensibilidad a un factor ambiental.

La relativa predecibilidad de la fenología se debe a que en gran medida la manifestación de los eventos está bastante bien correlacionada con el curso de las temperaturas, la acumulación de calor o integral térmica, la sumatoria diaria de la diferencia entre la temperatura media diaria y una temperatura umbral de referencia propia de cada especie por encima de la cual el metabolismo y actividad fisiológica implica desarrollo y crecimiento. En general, los umbrales usados para los diferentes grupos de vegetales leñosos son los de 6, 7 y 10 °C.

En la comarca, Valladolid Centro, las fechas medias en las que empieza a acumularse calor por encima de un umbral significativo ecológicamente (la fecha en la que se alcanza esa temperatura por primera vez) son: el 3 de febrero para la temperatura máxima de 10 °C, el 13 de febrero para la temperatura media de 6 °C, el 25 de febrero para la media de 7 °C, el 9 de marzo para la temperatura máxima de 15 °C y el 18 de marzo para la temperatura media de 10 °C.

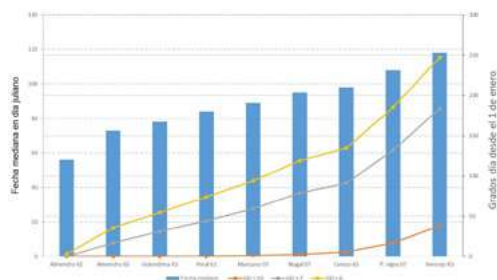


Gráfico 5: fecha mediana en día juliano en que sucede un evento (barras azules), acumulación de grados-día sobre ciertos umbrales media de la serie (línea roja para 10 °C, gris para 7 °C y amarilla para 6 °C).

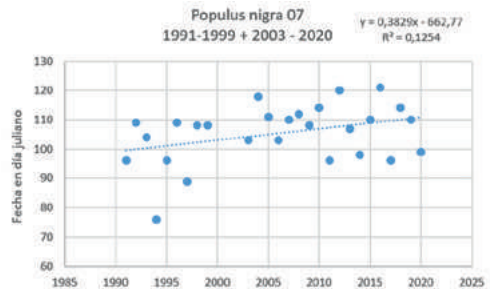
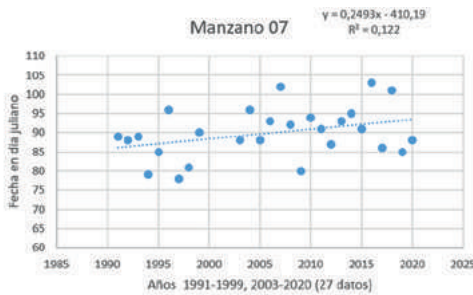
El calendario natural es la sucesión de las fechas de ocurrencia de ciertos eventos indicadores (medianas de cada serie) que están relacionados con la acumulación de grados-día por encima de ciertos umbrales de temperatura. Se han calculado las acumulaciones desde el día 1 de enero por encima de los umbrales de 6, 7 y 10 °C (gráfica 5) asociadas a las fechas de los eventos del calendario.

La primavera fenológica temprana comienza con la floración del almendro. En esta especie el estadio 61 sucede el 25 de febrero (cuando se alcanza por primera vez la temperatura media de 7 °C y se llevan acumulados 3,1 °C por encima de 6 que se alcanzan normalmente con 8 días de acumulación) llegando a la plena floración de esta especie el día 14 de marzo (17 días después, con 17,1 grados-día acumulados sobre 7 °C y 14 días sobrepasando el umbral para la acumulación). El día de la llegada de la golondrina (19 de marzo) prácticamente sucede cuando se alcanza la temperatura media de 10 °C (18 de marzo) como ya indicaron SOUTHERN (1938) y BERNIS (1966). A partir de este momento (finales de la segunda decena de marzo y con acumulación de grados-día por encima de 10) se desencadena el grueso de la sucesión de estadios primaverales en las especies vegetales estudiadas. Finalmente, se puede considerar como el comienzo de la primavera tardía a la llegada del vencejo común (que puede coincidir con la floración del majuelo al 30 %).

ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN LA SERIE TEMPORAL DE 1991-1999 Y 2003-2020

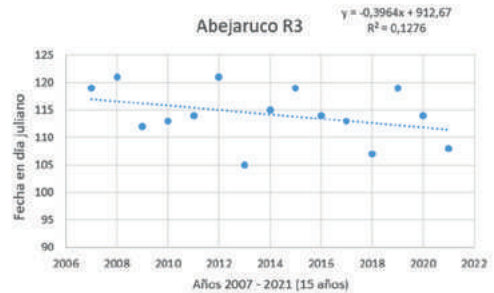
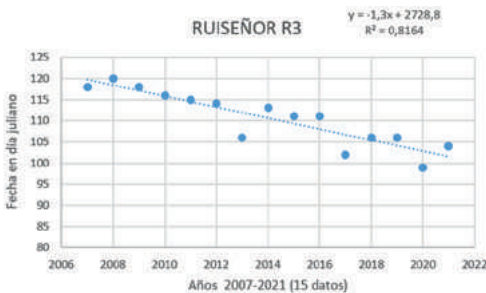
Se ha analizado la tendencia de las series temporales del periodo estudiado (fechas de los eventos fenológicos en día juliano en relación al paso de los años). Para ello se ha calculado el coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de determinación (R^2 en %) para ver en qué medida el paso de los años explica la varianza de las fechas de los eventos (la correlación). Además, se ha calculado una recta de regresión, ajustada por el método de mínimos cuadrados, en la que se señala la pendiente (m) y su desviación típica (expresadas en días/decenio), así como el p -valor asociado al estadístico T (probabilidad, suponiendo ausencia de correlación, de obtener para la pendiente m un valor tan alejado de 0 como el observado), luego su contrario (Prob. de m) indica la probabilidad de que la relación que muestra la pendiente no sea por azar.

Según los criterios de la estadística clásica, no se han observado correlaciones significativas (aunque sí alguna muy ligera en manzano 07, abejaruco R3 y chopo negro 07) salvo en el ruiseñor R3 que adelanta su llegada 13 días por década con buena correlación y recta de regresión (realizada con $n = 15$ datos). Los resultados más interesantes se muestran en los gráficos (6, 7, 8 y 9).



Gráficos 6 (izquierda) y 7 (derecha). El manzano muestra una ligera tendencia al retraso de su estadio 07, con una R^2 de 12,2 % (muy ligera) pero una probabilidad de la pendiente de regresión del 93 % (izquierda).

El chopo o álamo negro muestra una R^2 del 12,54 (muy ligera) pero una probabilidad de la pendiente de regresión del 93 % (derecha).



Gráficos 8 (izquierda) y 9 (derecha). El ruiseñor muestra una fuerte tendencia al adelanto de su estadio R3 con una R^2 de 81,6 % (relativamente significativa) pero obtenida a partir de solo 15 datos; además su probabilidad de la pendiente de la recta de regresión es del 100 % (izquierda). El abejaruco presenta una ligera correlación negativa (tendencia al adelanto) con un R^2 de 12,76 % (muy ligera) pero obtenida a partir de 15 años; además su probabilidad de la pendiente de la recta de regresión es del 81 % (izquierda).

La búsqueda de tendencias deberá ser objeto de un estudio más profundo usando series mucho más largas (si fuese posible) o series de 30 años pero en varios observatorios de diferentes ámbitos biogeográficos.

REFERENCIAS RECOGIDAS EN EL TEXTO

- ALLUÉ, J. L. (1990). Atlas fitoclimático de España, taxonomías. INIA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- BERNIS, F. (1966). Migración en aves, tratado teórico y práctico. Sociedad Española de Ornitología, Madrid, p. 309.
- CHAZARRA, A. y otros (2018). Mapas climáticos de España (1981-2010) y ETo (1996-2016). AEMET.
- FONT, I. (2000). Climatología de España y Portugal. Ediciones Universidad de Salamanca.
- MARGALEF, R. (1992). Planeta azul, planeta verde. Biblioteca científica americana, prensa científica S.A, Barcelona, p. 57.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA) (2012). Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA). <http://sig.magrama.es/siga/>
- RIVAS MARTÍNEZ, S. y otros (1987). Memoria del mapa de las series de vegetación. ICONA, Serie Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (2009). Sistema de clasificación bioclimática mundial, mapa bioclimático de Europa. Centro de Investigaciones Fitosociológicas, UCM.
- SHOUTHERN, H. N. (1938). The spring migration of the Willow Warbler over Europe. *British Birds*, 32: 202-206.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

- CANO-BARBACIL, C. y CANO SÁNCHEZ, J. (2020). Caracterización fenológica, una herramienta clave para la climatología: estudio de la migración en cuatro especies estivales. *Calendario Meteorológico 2021*, págs. 290-299. AEMET.
- DE CARA GARCÍA, J. A. (2006). La observación fenológica en agrometeorología. *Revista Ambienta* n.º 53, págs. 64-70. Ministerio de Medio Ambiente.
- DE CARA GARCÍA, J. A. y MESTRE BARCELÓ, A. (2006). La observación fenológica en agrometeorología y climatología. *Revista del aficionado a la meteorología* (RAM de Meteored, tiempo.com).
- DE CARA GARCÍA, J. A., RUIZ LÓPEZ, C. y MESTRE BARCELÓ, A. (2008). Adaptación del código BBCH a la observación fenológica de la AEMET. Jornadas científicas de la AME.
- HUDSON, I. L. y KEATLEY, M. R. (2010). *Phenological research*. Springer.
- MARTÍNEZ NUÑEZ, L. y otros (2016). Adaptación de la observación fenológica de la AEMET a las recomendaciones de la Acción COST 725 y la OMM. Jornadas Científicas de la AME, Teruel.
- MARTÍNEZ NUÑEZ, L. y otros (2018). Selección de especies de interés fenológico en la península ibérica e islas baleares. AEMET.
- PARQUER, R. E. (1976). *Estadística para biólogos*. Omega.
- PIÑOL, J. y MARTÍNEZ-VILALTA, J. (2006). *Ecología con números*. Lyns.
- SCHWARTZ, M. D. (ed.) (2013). *Phenology: an integrative environmental science*. Springer, University of Wisconsin-Milwaukee. New York.
- VIZMANOS, J. R. y ASENSIO, R. (1976). *Bioestadística*. Centro de Promoción Reprográfica. Madrid.