



# Las necesidades en frío y en calor y su relación con la fecha de floración en el almendro

TEXTOS Y FOTOS: J.M.ALONSO, M.T. ESPIAU, J.M.ANSÓN Y R. SOCIAS I COMPANY. UNIDAD DE FRUTICULTURA, CITA DE ARAGÓN

La época de floración adquiere en el almendro una importancia especial debido a la ocurrencia de heladas durante su transcurso, siendo un momento crítico para la producción de este frutal. La fecha de floración de cualquier variedad no es fija de año a año, observándose pequeñas oscilaciones dependiendo básicamente de las condiciones climáticas durante la latencia invernal, y más concretamente al régimen de temperaturas durante la misma. Tradicionalmente se ha considerado la influencia de las bajas temperaturas en la época de floración de cualquier frutal, por las necesidades en frío que presenta cada variedad. Sin embargo, la fecha de floración en todos los casos viene determinada por la conjunción de las necesidades en frío y en calor, que en este caso vamos a examinar para el caso del almendro.

## Las plantas y el clima

La productividad de una planta depende de su adaptación al clima, y en particular del grado de sincronización de los estados fenológicos con los cambios de temperatura de la estación y los períodos de lluvia de la zona de cultivo. Durante la domesticación del almendro, el fruticultor fue seleccionando las plantas por el sabor agradable de sus pepitas y su productividad en el clima mediterráneo que caracteriza las zonas actuales de producción. De esta manera, aparecieron diversas poblaciones características de almendro en distintas regiones, de las cuales, se seleccionaron las variedades que han llegado hasta nuestros días.

El almendro es la especie frutal con la floración más temprana, razón por la cual, su cultivo se delimitó a regiones con bajo riesgo de heladas primaverales. Sin embargo, las distintas variedades de almendro comienzan la floración desde mediados de enero hasta finales de marzo, presentando el rango más amplio de fechas de floración de todas las especies frutales, debido a la diversidad genética surgida durante su adaptación a las diferentes condiciones climáticas de sus lugares de origen -Figura 1-.

## La latencia en el almendro

Aunque el orden de floración de las distintas variedades de almendro se mantiene a lo largo de los años con pocas variaciones, la fecha de floración depende principalmente del régimen de temperaturas que la preceden, influyendo en las sucesivas fases de la latencia. Al inicio de la latencia, los distintos órganos que componen la yema floral ya están completamente diferenciados. Durante la primera fase de la latencia, la endolatenia, en las yemas predomina la expresión de las hormonas inhibitoras del crecimiento. Esta fase acaba cuando la planta ha acumulado el suficiente frío como para que el balance hormonal dentro de las yemas se decante hacia los promotores de crecimiento. Durante el reposo el crecimiento de las yemas es muy lento, apenas perceptible, pero constante. Cuando finaliza el reposo, comienza una fase llamada ecolatenia, en la cual, las yemas acumulan calor, mostrando una velocidad de desarrollo correlacionada con las temperaturas templadas, favorables al crecimiento celular. Se considera que la latencia de una yema de flor ha finalizado con la apertura completa de la flor.

La estimación de la acumulación de frío y calor necesaria para la floración de cada variedad de las distintas especies frutales es compleja. Para ello, además de los datos climáticos registrados durante el período de latencia, se necesita conocer para cada variedad la fecha del final del reposo y la fecha de la plena floración -Figura 2-. La fecha de inicio de la acumulación de frío es el día en que comienza una acumulación diaria positiva de unidades de frío (CU) de acuerdo con el Método Utah, el más utilizado en la actualidad. El final de la acumulación de calor; la fecha de la plena floración, se determina por su observación en el campo. Sin embargo, es complicado determinar la fecha del final del reposo, punto en el cual finalizan las necesidades en frío y a partir del cual se contabilizan las necesidades en calor.

La determinación del final del reposo se ha realizado tradicionalmente comparando el peso seco de las yemas en el campo respecto al de las yemas de en varetas mantenidas en una cámara a temperatura templada constante durante un cierto período de tiempo. Un incremento excesivo en el peso de las yemas indica que se ha superado el reposo y que si las temperaturas son templadas, las yemas son capaces de crecer. Si esto no ha sucedido, el crecimiento del peso de las yemas es muy pequeño. Sin embargo, la determinación de las necesi-



FIGURA 1

Diferencia de floración en diferentes variedades de almendro: 'Desmayo Largueta' a la izquierda y 'Moncayo' a la derecha.



FIGURA 2

Almendros en flor en la colección.

dades térmicas a partir del comportamiento del material vegetal en un solo año se debe considerar con precaución. Además, las necesidades en frío y en calor son requisitos interdependientes por lo que, si la acumulación anual de frío es baja, la planta aumenta sus requisitos en calor durante ese año y viceversa, lo que provoca que los datos de un solo año sean extremadamente imprecisos.

En el almendro existen muy pocas referencias a las necesidades en frío y en calor, y se han utilizado diferentes métodos para su cuantificación. Las primeras estimaciones fueron las de M.C. Tabuenca según las horas por debajo de 7°C, estableciendo el final del reposo por el método de la evolución del peso seco de las yemas. Desgraciadamente, este trabajo pionero no tuvo continuidad, por lo que se han calculado las necesidades en frío y en calor en 47 variedades de almendro en una zona de inviernos fríos (Valle Medio del Ebro), cuantificadas de acuerdo al Método Utah en CU (Unidades Frío) y GDH°C (Grados de desarrollo por hora). Además se desarrolló y utilizó un método estadístico con datos térmicos y fenológicos de una serie de años para la determinación del final del reposo, basado en el propuesto por la doctora Tabuenca, mediante el cual se evitan los problemas y deficiencias del método del peso de yemas en un solo año.

Cuadro 1. ORIGEN DE LAS VARIEDADES DE ALMENDRO	
PAÍS DE ORIGEN	VARIEDAD
Australia	Chellastone
España	Alzina, Aylés, Bertina, Blanquerna, Cambra, Desmayo Largueta, Desmayo Rojo, Felisia, Glorieta, Guara, Jordi, Marcona, Masbovera, Moncayo, Ponç, Pou de Felanitx, Ramillete, Rof, Totsol, Verdereta, Vina-grilla, Vivot, Xina
Estados Unidos	LeGrand, Nec Plus Ultra, Nonpareil, Texas, Thompson, Titan, Tokyo
Francia	Aï, Ferragnés, Ferralisse, Fournat de Brézenaud, Lauranne, Tardive de la Verdère
Italia	Cristomorto, Filippo Ceo, Picantilli, Rachele, Tuono
Tunisia	Constantini, Zahaf
Ucrania	Miagkoskorlupyj, Primorskij, Yaltinskij



Guara.



Felisia.

## Necesidades en frío y en calor

Las 47 variedades de almendro estudiadas pertenecen a orígenes geográficos muy diversos y representan la variabilidad de la especie. Su origen se refleja en el Cuadro 1. En el Cuadro 2 se muestran las necesidades en frío y en calor de algunas de las variedades que pueden ser de referencia en nuestra zona de cultivo. En el conjunto de todas las variedades estudiadas, las que antes alcanzan la fecha del final del reposo y que a finales de noviembre ya han satisfecho sus necesidades en frío son 'Tardive de la Verdère' (358 CU), 'Rachele' (376 CU), 'Zahaf' y 'Pou de Felanitx' (392 CU), 'Xina' y 'Nonpareil' (403 CU). Sin embargo, en el centro del Valle del Ebro, el grueso de variedades de almendro satisface las necesidades en frío

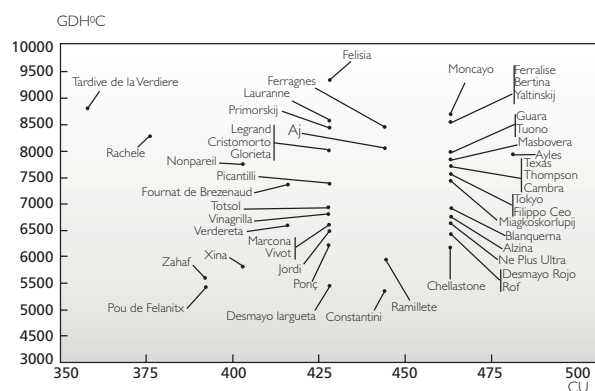


FIGURA3 Distribución de los cultivares de almendro según sus necesidades en frío (CU) y en calor (GDH°C).

## El clima y las necesidades en frío y en calor

Las necesidades en frío y en calor para distintas variedades de almendro se han estimado en climas más suaves que el de Zaragoza, en donde son frecuentes las heladas y los períodos de niebla en invierno. Una misma variedad puede tener diferentes necesidades en frío y calor para la floración dependiendo de los regímenes de temperatura que sufre, ya que la planta no responde de igual forma en climas con cambios bruscos de temperatura, caso de Zaragoza, respecto a inviernos suaves, del levante español. Así, en Murcia, se han obtenido valores de necesidades en frío con un rango muy alto de variabilidad, llegando a duplicar las necesidades calculadas en Zaragoza, mientras que en las necesidades en calor, mostraron un rango de variabilidad menor.

durante la primera decena de diciembre, presentando unas necesidades en frío entre 400 y 500 CU, incluso las consideradas como de floración tardía. La última variedad en satisfacer sus necesidades en frío es 'Aylés' (481 CU).

En cuanto a las necesidades en calor para la floración, se observa que existe más variabilidad que respecto a las necesidades en frío. Así, para las variedades que muestran unas necesidades similares en frío, existe un amplio rango de necesidades en calor; como puede observarse en la Figura 3. Las variedades que requieren una menor acumulación de calor para la floración son 'Constantini' (5.345 GDH°C), 'Pou de Felanitx' (5.419 GDH°C) y 'Desmayo Langueta' (5.458 GDH°C). Las variedades que requieren una mayor acumulación de calor son 'Primorskij', 'Titan', 'Yaltinskij', 'Ferralise', 'Bertina', 'Lauranne', 'Moncayo', 'Tardive de la Verdère', y 'Felisia' (8.434-9.352 GDH°C), siendo éstas las variedades más tardías en florecer, lo que indica la relación existente entre las necesidades en calor y la fecha de floración.

También se observa como las variedades españolas 'Felisia', 'Moncayo', 'Guara', 'Cambra', 'Aylés' y 'Masbovera' y las francesas 'Ferragnés', 'Ferralise' y 'Lauranne', procedentes de programas de mejora, muestran unas necesidades en calor altas, ocupando la zona superior derecha de la Figura 3, mientras que las variedades tradicionales como 'Desmayo Langueta', 'Marcona', 'Ramillete', 'Constantini', 'Pou de Felanitx' y 'Nec Plus Ultra', muestran unas menores necesidades en calor, ocupando la zona inferior izquierda de la Figura 3.

Debido al clima frío de Zaragoza se produce una acumulación media de 15 CU y 82 GDH°C por día durante el período del 15 de noviembre al 15 de febrero -Figura 4-. El efecto del clima es decisivo para determinar la fecha del inicio de la acumulación de frío aplicando el Método Utah, el 26 de octubre en Zaragoza, mientras que en Murcia es sobre el 10 de noviembre. El adelanto en la acumulación de CU en Zaragoza, así como su régimen de temperaturas más frías, hace que las fechas de salida del reposo invernal sean anteriores en Zaragoza que en Murcia. Mientras que en Zaragoza casi todas las variedades salen del reposo invernal durante la primera decena de diciembre, en Murcia se estableció la salida del período de reposo para fechas posteriores. Así, para 'Ferragnés', se

determinó el fin del reposo invernal el 3 de diciembre en Zaragoza -Cuadro 2- y el 20 de diciembre en Murcia. Las fechas de la salida del período de reposo invernal en el conjunto de las variedades de almendro estudiadas van del 28 de noviembre al 5 de diciembre -Cuadro 2-, agrupándose un gran número de variedades en los días 2, 3 y 4 de diciembre.

Cuadro 2. Necesidades en frío y en calor calculadas por el modelo basado en las temperaturas y en las fechas de floración del período de 1994 a 2000 en las variedades más representativas de almendro. Fecha media del inicio de la acumulación de frío el 26 de octubre.

CULTIVAR	NECESIDADES EN FRÍO			NECESIDADES EN CALOR		
	CU	Días desde el inicio la acumulación de frío	Salida del reposo	GDH°C	Días desde la salida del reposo	Floración (F50)
Desmayo Langueta	428	37	2 Dic	5458	71	11 Feb
Marcona	428	37	2 Dic	6603	80	20 Feb
Cristomorto	428	37	2 Dic	8027	91	3 Mar
Masbovera	463	39	4 Dic	7841	89	3 Mar
Ferragnés	444	38	3 Dic	8051	91	4 Mar
Guara	463	39	4 Dic	7978	90	4 Mar
Tuono	463	39	4 Dic	7978	90	4 Mar
Felisia	428	37	2 Dic	9352	100	12 Mar

## Evolución de las temperaturas y época de floración

En las condiciones climáticas de Zaragoza las necesidades en frío para el almendro se encuentran entre 400 y 500 CU, por lo que la fecha de floración está determinada en su mayor parte por las necesidades en calor. La rápida satisfacción de las necesidades en frío al principio del invierno hace que la gran mayoría de las variedades finalicen el reposo en la primera decena de diciembre. Así la fecha de la floración depende más de las condiciones climáticas del período final del desarrollo de las yemas florales, como ya se había observado al analizar la floración del almendro en California.

En la Figura 4 se puede observar la evolución de la acumulación diaria de calor y de frío como media de los años 1994-2000 en Zaragoza. En ella se puede constatar que durante el mes de diciembre la acumulación de calor es muy pequeña, mostrando su mínimo a finales de diciembre. Así, si en diciembre tienen lugar temperaturas suaves, se produce un adelantamiento generalizado de la floración, tal como sucedió en las primaveras de 1994, 1995 y 1997. El caso contrario sucedió en los meses de diciembre anteriores a las primaveras de 1996 y 1999, con temperaturas muy frías, lo que se tradujo en un retraso general en la floración para esos años.

Parece que el factor que produce una mayor dispersión en las fechas de floración de las distintas variedades es la presen-

cia de temperaturas frías durante la segunda quincena de febrero, cuando algunas variedades ya han abierto el 90% de las flores y otras no han abierto ninguna flor. Las bajas temperaturas en ese momento paralizan la evolución de la floración en las variedades en flor y retrasan el comienzo de la floración de las variedades en los que aún no ha empezado, por lo que aumentan la dispersión de sus fechas de floración.

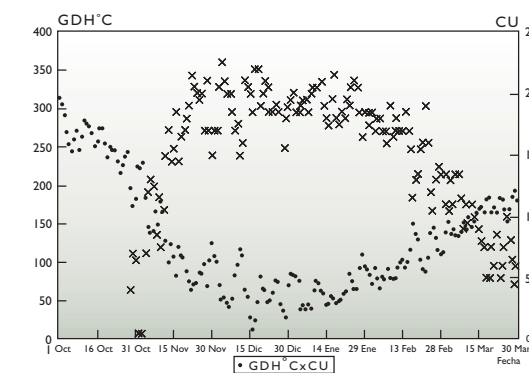


FIGURA4 Unidades de frío medias diarias (CU) y Grados hora de calor (GDH°C) para el período 1994-2000 en Zaragoza.

## Magnitudes de las necesidades para cada variedad

Existen variedades con pocas necesidades en frío, que muestran unas necesidades elevadas en calor; como 'Tardive de la Verdère', 'Rachele', 'Nonpareil', 'Primorskij', 'Lauranne' y 'Felisia'. Por otra parte, existen variedades con altas necesidades en frío que muestran unas necesidades en calor muy bajas, como 'Chellastone', 'Desmayo Rojo', 'Rof', 'Nec Plus Ultra', 'Alzina' y 'Blanquerna', lo que concuerda con la observación de que la coincidencia de los períodos de floración en diferentes variedades no implica que sus necesidades en frío y en calor sean similares. Esta circunstancia tiene lugar en los almendros 'Xina', 'Constantini' y 'Desmayo Langueta' -Cuadro 2-. Al examinar independientemente las necesidades en frío y en calor de dos variedades se puede evitar el error de intentar correlacionar

sus necesidades térmicas para la floración con la coincidencia o no de sus fechas de floración.

Otra aplicación de las estimaciones en frío y calor de las distintas variedades de almendro es en el diseño de la plantación cuando se requiere la polinización cruzada. Además de elegir variedades intercompatibles, con una fecha de floración similar, se deberán aproximar lo más posible sus necesidades en frío y calor para la floración, para que las condiciones térmicas anteriores a la floración afecten a ambas de forma similar, disminuyendo las oscilaciones anuales de solapamiento entre las floraciones de las variedades debidas a condiciones térmicas anteriores a la floración.

## La fecha de floración en la mejora genética

La mayoría de los programas de mejora del almendro persiguen la obtención de variedades de floración más tardía para evitar los daños producidos por las heladas, floreciendo cuando las temperaturas son superiores y más favorables para los procesos de polinización y fecundación. La gran variabilidad del almendro en su época de floración permite a los mejoradores una amplia elección de parentales para la obtención de variedades de floración tardía.

Las variedades estudiadas que tienen elevadas necesidades en frío y/o en calor presentan un interés especial para los programas de mejora genética. Mediante el cruzamiento de variedades con valores extremos de necesidades en frío y calor; en

la descendencia teóricamente se encontrarían individuos con grandes necesidades en frío, en calor o en ambas, pudiendo realizarse la selección para la floración tardía, reuniendo altas necesidades en frío y altas necesidades en calor en una misma planta. Las variedades nuevas con altas necesidades en calor pueden adaptarse a una mayor amplitud de ambientes y pueden producir buenas cosechas aún en años o localidades en las que las acumulaciones en frío son limitadas.

Unas variedades con una combinación de altas necesidades en frío y en calor, mostrarán de manera estable una floración tardía, lo que tiene un indudable interés en las condiciones de cultivo del almendro en Aragón.