



# CUADERNOS DE FITOPATOLOGIA

REVISTA DE FITOPATOLOGIA Y ENTOMOLOGIA



Año XXI - Núm 80 - 2º Trimestre 2004

Depósito Legal: V-1723-1984 / ISSN 0213-4128

Miguel Valero • Rosa Victoria Molina • Yolanda Navarro • Amparo García • José Luis Guardiola

# EL CULTIVO DEL AZAFRAN

## CON LARGA TRADICIÓN, PERO... ¿CON FUTURO?

Departamento de Biología Vegetal  
 Universidad Politécnica de Valencia  
 46071-Valencia, España  
 e-mail: jlguardiola@bvg.upv.es

El azafrán cultivado (*Crocus sativus* L.) es una planta triploide ( $3x = 24$  cromosomas), de floración otoñal, que solamente se conoce como planta cultivada. No hay certeza de cual ha sido su origen. Morfológicamente se parece a la especie diploide ( $2n = 16$ ) *Crocus cartwrightianus* Herbert, de flores blancas y nativa de Creta, del que algunos autores consideran se ha originado el azafrán cultivado.

La importancia del azafrán reside en sus largos estigmas trilobulados, de color rojo intenso que con el tostado adquieren sabor amargo y desarrollan un aroma intenso. Este azafrán tostado se utiliza para colorear, aromatizar y dar sabor a los alimentos.

Se cree que el azafrán fue uno de los primeros condimentos utilizados por el hombre, aunque se ignora cuando se inició su aprovechamiento. En las excavaciones arqueológicas, fuente esencial para el estudio y caracterización del proceso de domesticación de las plantas, no se han encontrado restos de las flores de azafrán.



*Crocus cartwrightianus* (foto superior), especie nativa del Mediterráneo oriental y muy similar al azafrán cultivado, y de la que los especialistas consideran se originó éste. Para algunos autores *Crocus thomasi* (fotografía inferior), especie nativa de la región balcánica, pudo ser uno de los progenitores del azafrán cultivado. Fotografías cortesía de la Prof. María Grilli, de la Università di Roma.



Los largos estigmas de color rojo, que se proyectan al exterior de la flor entre los tépalos, constituyen el aprovechamiento principal de la planta de azafrán (*Crocus sativus*). En el cultivo tradicional se separan de la flor manualmente procurando mantenerlos unidos, lo que se considera un factor de calidad. Tostados en un cedazo a temperatura moderada adquieren el sabor amargo y el aroma característico de la especia. A las características del tostado se atribuye lo que se considera la calidad distintiva del azafrán de España.

Ello no resulta sorprendente, pues la posibilidad de que se conserven tejidos tan delicados es muy baja por no decir prácticamente nula. Las flores de largos estigmas que se representan en la cerámica y en los frescos de la ciudad de Knosos, que se realizaron aproximadamente 1,500 años antes de Cristo, se han querido identificar como azafrán. Esta identificación no es unívoca por el gran parecido de las flores de azafrán con las de *C. cartwrightianus*, pero ha llevado a suponer que el azafrán podría utilizarse en esa época, aunque ignoramos con que propósito.

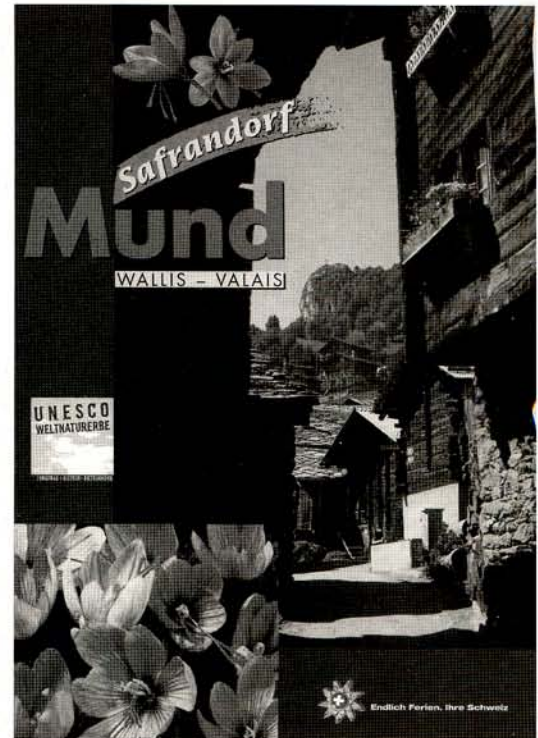
Más recientes son las citas inequívocas sobre su uso en la elaboración de perfumes y en medicina, que se encuentran en los textos de Plinio y de Dioscórides (siglo I). Estas recomendaciones médicas, que se recogen también en la obra médica de Maimónides (siglo XII), debían tener gran predicamento. A finales del siglo XVII se publica la obra **Crocología** (Jena, 1671), de la que es autor Hertodt, que dedica cerca de trescientas páginas a la descripción del uso médico de esta especie. Se le atribuyen numerosas propiedades. A bajas concentraciones se considera antiespasmódico, antineurálgico, calmante y digestivo; a concentraciones más elevadas como emenagogo. Su uso se recomendaba, prácticamente, para cualquier dolencia.

En el periodo helénico, el azafrán se utilizó como tinte para los tejidos. Esta tradición continuó hasta la Edad Media, hecho por el que adquirió fama la población

inglesa de Saffron Walden, que toma su nombre de la industria de tintorería que se desarrolló utilizando esta planta. Las túnicas de los reyes de Irlanda se teñían con azafrán, símbolo de majestad del mismo rango que la púrpura. La cantidad de estigmas necesarios para este fin es muy elevada, siendo esta una de las razones por la que este aprovechamiento ha caído en desuso.

Debido a su naturaleza triploide, el azafrán presenta esterilidad gamética y es incapaz de formar semillas viables. La multiplicación de la especie es exclusivamente vegetativa. Esta es bastante rápida, lo que permitió una amplia difusión del cultivo a partir del periodo clásico. Esta difusión, asociada a las grandes migraciones o mediante la introducción del cultivo por los mercaderes y los exploradores, se produjo fundamentalmente en la Región Mediterránea y el Oriente Próximo. También existen referencias sobre su cultivo en países del centro y el norte de Europa, como Francia, Inglaterra y Suiza. En Asia el cultivo se extendió hasta Irán e India (fundamentalmente en Cachemira), y aún China. La comparación de plantas de azafrán procedentes de diversos países ha puesto de manifiesto la baja variabilidad fenotípica y genotípica de la especie. Esta uniformidad, consecuencia del carácter asexual de la multiplicación, indica además que todo el azafrán cultivado podría tener un origen común.

A pesar de esta larga historia y del aprecio del consumidor, en la mayor parte de los países, y

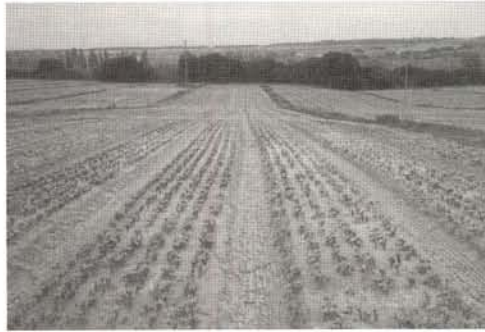


El impacto propagandístico de la planta del azafrán de Valais tiene sin duda más importancia que el valor económico de la especia producida. Reproducción parcial de un folleto de propaganda de la región.

fundamentalmente en los de mayor desarrollo económico, se ha producido durante las últimas décadas una disminución drástica en el cultivo, y la producción, de azafrán, hasta el punto que en muchos casos se ha convertido en un cultivo reliquia. Como ejemplo, en la región Suiza de Valais, en que el cultivo del azafrán se remonta al siglo XIV, la producción no superó el año 1978 los 20 gramos de especia. Una promoción decidida del cultivo ha conseguido aumentar esta cifra hasta los dos kilogramos, si bien este azafrán no se ofrece en el mercado. Se intenta aumentar su valor ligándolo a la promoción turística de la región y la de productos locales que lo incluyen en la composición (aumento de valor que aparentemente incluye las sanciones a los paseantes que cojan flores sin autorización; la

multa, de 500 francos suizos, equivale al valor que toda la cosecha de azafrán de Valais tendría en el mercado internacional!). También en España, que por cantidad y calidad ha sido hasta tiempos recientes el más importante de los países productores, se ha producido esta reducción. En algunas localidades, el cultivo ya es solamente un recuerdo que se mantiene merced a los museos etnológicos. El de la villa trolense de Monreal del Campo ofrece una presentación muy cuidada y completa.

La causa de la reducción del cultivo reside en la escasa innovación tecnológica desarrollada, pues continúa realizándose como en la Edad Media. El azafrán es planta poco exigente en cuanto a riego y fertilización, pero exige atención inmediata e intensa durante la época de floración. Esta tiene lugar a mediados de otoño, y normalmente se completa en el plazo de unos diez días. Tanto la recolección de las flores como el desbrizado o monda (separación de los estigmas) se realizan manualmente, y para que el producto final sea de calidad deben recogerse las flores por la mañana el mismo día de la antesis. Excepcionalmente, una hectárea de azafrán puede formar más de 3,5 millones de flores al año (de hecho, en unos diez a quince días), con una producción de especia (estigmas secos) del orden de unos 30 Kg. Normalmente, estas cifras son algo menores, formándose durante los años de mayor producción del orden de dos millones de flores con una producción en especia entre 15 y 20 kilogramos.



Vista de un campo de azafrán en el momento de máxima floración. La floración de este cultivo se concentra en unos pocos días, y presenta uno o dos máximos muy acusados, los denominados días de manto. La imagen, de gran belleza plástica, ha inspirado a artistas y caracterizado el paisaje de amplias zonas de nuestra geografía, principalmente en La Mancha, pero lleva camino de convertirse en un recuerdo histórico en España, donde ya no es posible encontrar superficies cultivadas de la extensión mostrada en la fotografía. Fotografía tomada en la explotación "El Safranal", de la Compañía General del Azafrán de España, en 1990.

Son necesarios alrededor de veinticinco jornales para la recolección y monda de cada kilogramo de especia, lo que implica la manipulación de unas 120,000 flores. Además, alrededor del 35% del total de flores abren en el plazo de dos o tres días, los denominados días de manto. Durante estos días se forman más de 250,000 flores en una hectárea de cultivo, lo que conlleva una exigencia muy elevada, y puntual, en mano de obra para las tareas de recolección y desbrizado.

El coste elevado de la mano de obra y la imposibilidad de encontrarla en la cantidad necesaria, ha hecho inviable el cultivo del azafrán en los países de mayor desarrollo económico. Tradicionalmente se producía en explotaciones de pequeña dimensión, y su cultivo era considerado como una actividad social en que participaban todos los miembros de la familia y aún las amistades. Esta

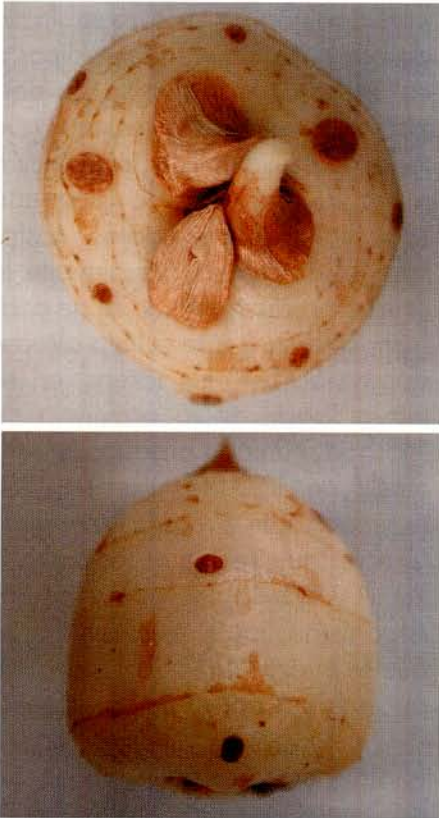
participación ha sido reemplazada por otras actividades lúdicas o culturales, y el cultivo se ha desplazado hacia países en que todavía prevalece la explotación agrícola familiar de pequeña superficie, y con bajos costes salariales. Irán es actualmente el primer productor mundial de azafrán. Dedicado a este cultivo alrededor de 50,000 Hectáreas, en su mayor parte en la provincia de Mashad, con una producción estimada de 150,000 Kg. También es importante la producción de Grecia (que se estima próxima a los 20,000 Kg), y las de India y Afganistán, país este último en que se intenta sustituir el cultivo de adormidera por el de azafrán.

Una mecanización eficaz de las operaciones de cultivo es la única alternativa para su persistencia en los países productores de mayor nivel económico y, a la larga, del mismo cultivo del azafrán. Este cultivo no puede basarse indefinidamente en la disponibilidad estacional de mano de obra abundante y barata.

## *El cultivo y su mecanización*

El azafrán es una planta anual que se perpetúa mediante la formación de un nuevo cormo de reemplazo en la base de los tallos. Naturalmente adaptado a climas con un verano cálido y seco, y con un periodo húmedo durante el otoño y el invierno, se puede distinguir en su ciclo varias fases:

a) Al principio de verano, coincidiendo con el principio de la estación seca, muere la parte aérea de la planta. La planta per-



Cormos de azafrán desprovistos de la túnica a fin de mostrar la ubicación de las yemas. El cormo de la fotografía superior, que ya había florecido el año anterior, ha perdido la yema apical. Presenta tres yemas principales en posición subapical que darán lugar a tres tallos el año próximo. Una de las yemas ha iniciado el crecimiento, y la vaina de catafilos que protege el meristemo caular ha atravesado la protección conferida por su túnica. El cormo de la fotografía inferior, que no había florecido el año precedente, presenta una única yema principal en posición apical que originará un tallo único el año siguiente. Fotografía tomada a finales del mes de Agosto.

siste en el suelo en forma de cormo de reemplazo, a una profundidad de entre 10 y 15 cm. En este momento los meristemas de las yemas, protegidos por varios catafilos que forman una estructura a modo de dedo de guante, no presentan órganos laterales. Al microscopio tienen forma de cúpula, de superficie lisa.

b) Durante el periodo central del verano se inicia el crecimiento de los catafilos de una o varias de

las yemas ubicadas en la región apical del cormo. El número de yemas que inician el crecimiento depende, entre otros factores, del tamaño del cormo, de la profundidad en el terreno y la floración del año precedente. Los cormos que no han florecido tienen una yema dominante en posición apical, que es la única en reanudar el crecimiento. Simultáneamente con este crecimiento inicial de los catafilos, se produce la iniciación de las hojas que es seguida por la de los órganos florales. Esta se completa cuando los catafilos alcanzan una longitud entre 8 y 10 mm. En un tallo pueden formarse varias flores (hasta tres o cuatro frecuentemente), que se

encuentran totalmente diferenciadas al final del periodo estival, y con anterioridad de la emergencia de la planta sobre el terreno.

c) En otoño, el descenso de la temperatura provoca la emergencia de las flores. Previamente, con las primeras lluvias otoñales o con un primer riego cuando el cultivo se realiza en regadío, se desarrolla una corona de raíces adventicias en la base del cormo. La formación de estas raíces no es imprescindible para la floración, si bien aumenta de modo significativo el tamaño de las flores. La emergencia de las flores puede producirse antes que la de las hojas, condición que recibe el



Recolección de la flor y monda del azafrán en Irán (fotografías de la parte superior) y en España (fotografías de la parte inferior). Salvando la indumentaria de los actores, y la mayor regularidad de la plantación en la parcela de España, no hay diferencia entre las escenas de los dos países, que por otro lado están muy alejados en el nivel de desarrollo económico y social. Consecuencia de ello es que mientras en Irán el cultivo es una fuente muy estimada de ingresos, en España está desapareciendo. Las fotografías de España son cortesía del Consejo Regulador de la Denominación de Origen "Azafrán de la Mancha". Las de Irán han sido amablemente cedidas por el Prof. A. Koocheki, de la Ferdowsi University of Mashhad, Irán.

nombre de histerantia y que es favorable para la mecanización de la recolección de las flores. La histerantia depende de las condiciones ambientales; cuando la disponibilidad en agua es elevada, se anticipa la emergencia de las hojas, que tiene lugar al mismo tiempo, o aun antes, que la emergencia de las flores.



Planta del azafrán en flor. Las hojas, de marcadas características xerofíticas, se han desarrollado coincidiendo con la floración, lo que ocurre cuando hay un suministro de agua elevado.

d) Inmediatamente después de la floración se desarrollan las hojas, estrechas y alargadas, de 30 a 50 cm de longitud. Se inicia de este modo el periodo de desarrollo vegetativo de la planta y de acumulación de reservas. Durante el mismo se forma un nuevo cormo de reemplazo en la base de cada uno de los tallos, lo que provoca un aumento en el número de cormos en el terreno. Parte de los materiales de reserva que se acumulan en los cormos de reemplazo proceden directamente de la fotosíntesis, pero una proporción importante procede de las reservas acumuladas en el cormo madre, reservas que solo se utilizaron de modo parcial en la floración. Durante el llenado de los cormos de reemplazo, los meristemas no forman nuevos órganos laterales, quedando pro-



Formación de los cormos de reemplazo en la base de los tallos. Su desarrollo tiene lugar durante el invierno y el principio de la primavera, en su caso tras la floración. En el cormo de la fotografía inferior, en que se había forzado previamente la brotación de varias yemas, cada uno de los tallos ha formado un nuevo cormo en su base. Estos, de pequeño tamaño, no florecerán el año siguiente. En la fotografía superior se observa la formación de un cormo de reemplazo, de gran tamaño, en la base de un tallo único. El crecimiento de este cormo de reemplazo tiene lugar antes del agostamiento del cormo madre, en parte utilizando las reservas que éste todavía conserva después de la floración. El cormo de reemplazo, que está protegido por la base envolvente y seca de sus hojas basales, de posición más externa (cormo tunicado), carece de raíces. Una corona de raíces de origen caular se formará próxima a su base tras la brotación el otoño siguiente. La corona de raíces caulógenas, ya secas, del cormo madre se aprecia con claridad.

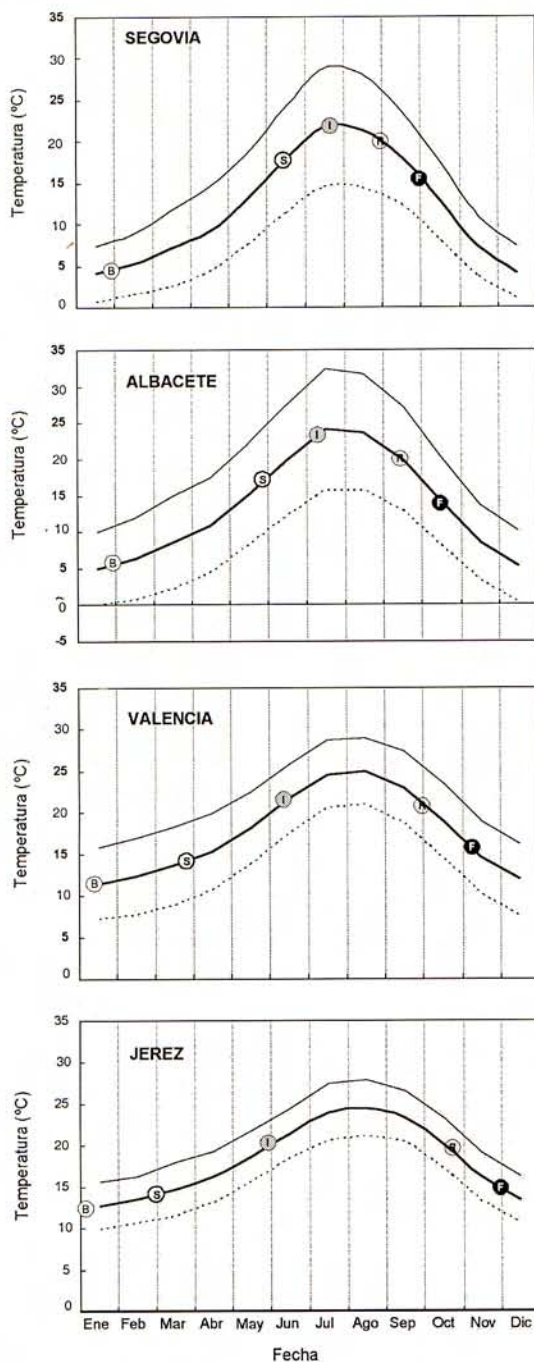
tegidos por sus catafilos. La formación de las yemas se completa antes del llenado de los cormos

de reemplazo. Como los cormos de reemplazo se forman en la región apical del cormo madre, están inicialmente más próximos que aquel a la superficie del terreno, situación que se corrige parcialmente por la presencia de raíces de carácter contráctil que los arrastra en profundidad.

En muchas localidades, el periodo de desarrollo vegetativo coincide con periodos de fuertes heladas, que son toleradas por las hojas. Por el contrario, los cormos son muy sensibles al frío, y sufren daños cuando la temperatura en su entorno desciende por debajo del punto de congelación. El desarrollo vegetativo de la planta termina cuando se eleva la temperatura. Ocurre antes si no hay en el suelo agua disponible en cantidad suficiente, y se retrasa en regadío o los años de lluvias abundantes. Muere la parte aérea de la planta (las hojas), y los cormos de reemplazo pasan la estación cálida en el suelo sin presentar un crecimiento aparente.

La fecha en que tiene lugar cada una de las distintas fases del cultivo depende del clima. En Albacete, zona tradicional de producción de azafrán en España, la muerte de las hojas, denominada seca del espartillo, ocurre a finales de Junio y aun a principios de Julio, y la antesis de mediados a finales del mes de Octubre. En las condiciones más cálidas de Jerez, la seca del espartillo tiene lugar a finales de Marzo, mientras la floración ocurre mucho más tarde que en Albacete, hacia finales del mes de Noviembre. Este desplazamiento en las fechas de estos procesos se

## EL AZAFRAN/TRADICIÓN/FUTURO



Fenología del azafrán en cuatro zonas de España de diferente clima: Jerez, Valencia (región costera), Albacete y Segovia. Los gráficos muestran la temperatura del aire (máxima, media y mínima) y las fechas de secado del espartillo (S), de iniciación floral (I), formación de las raíces (R) y del inicio de la floración (F) y de la formación de los cormos de reemplazo (B). En las cuatro localidades, la floración tiene lugar cuando la temperatura desciende durante el otoño hasta los 17 °C aproximadamente.

corresponde con la mayor duración de la estación cálida en Jerez, localidad en que el aumen-

to en la temperatura al principio de primavera ocurre antes, y el descenso en otoño después, que en Albacete.

Aunque el ciclo del azafrán se completa en un año, en la práctica se trata de un cultivo perenne. La plantación se realiza a principios de verano, con una densidad de 40 a 80 cormos por metro cuadrado (entre 400,000 y 800,000 cormos por hectárea). El cultivo se mantiene en el terreno durante unos cuatro años en España, y hasta más de quince en otros países (Irán y Marruecos). El año de plantación la producción suele ser baja, entre 3 y 5 Kg de azafrán tostado por Hectárea. La causa es el uso de cormos de pequeño tamaño, parámetro que condiciona decisivamente la formación de flores. La producción es máxima los dos años siguientes, entre 15 y 20 Kg por hectárea de azafrán tostado, disminuyendo gradualmente a continuación a causa de la competencia creciente entre los cormos y el desarrollo de enfermedades. Dos años más tarde (cuatro años después de la plantación), momento en que suele levantarse el cultivo en España, la producción es del orden de la mitad de la producción máxima. La excesiva duración del cultivo es la causa del bajo rendimiento medio que se obtiene en muchos países.

Cuando se levanta el cultivo se recuperan los cormos, que se clasifican, eventualmente se desinfectan, y se reutilizan para iniciar un nuevo cultivo.

Las operaciones de plantación, así como la recuperación de los



Siembra mecanizada de los cormos de azafrán. Se realiza sobre malla de plástico para facilitar su extracción posteriormente.



Arrancado y recuperación de los cormos a principios del mes de Julio. El espartillo, ya seco, se ha eliminado previamente. Fotografía tomada en la explotación "El Safranal", de la Compañía General del Azafrán de España, en Quero, Toledo.

cormos al finalizar el cultivo, son de fácil mecanización adaptando maquinaria desarrollada para otros cultivos. Y en cualquier caso no son particularmente costosas. Las labores de mantenimiento del

cultivo son simples. Requiere el control ocasional de las malas hierbas y la eliminación, previa siega o tras su muerte, de las hojas, aspectos que no presentan dificultad alguna. Las plagas y enfermedades no suelen presentar problemas importantes, a excepción de los topos que parecen sentir una especial predilección por los cormos de esta especie. Las mayores exigencias son requeridas por la recolección de las flores y el desbrizado.

En las explotaciones al aire libre, único sistema seguido hasta el momento para el cultivo del azafrán, la mecanización de la recolección de las flores afronta dificultades que no han podido ser superadas de modo satisfactorio. La base de la flor se encuentra por debajo del nivel del suelo, y la inserción de los estigmas en el estilo queda a poca distancia de la superficie del terreno. Para que la recolección sea eficaz, el corte de la flor debe producirse por encima de la superficie del suelo y por debajo del punto de inserción de los estigmas. Esta operación, simple cuando se realiza manualmente, presenta grandes dificultades cuando se pretende mecanizar. Si la altura de corte es demasiado baja, el azafrán se mancha con tierra, lo que reduce su valor; si excesiva, se pierde parte de las hebras. Son necesarios una nivelación muy precisa del terreno y un desplazamiento de la barra de corte paralelo a la superficie con una precisión que no es fácil de conseguir. La siega mecanizada de las flores de azafrán no se practica actualmente en ningún país.

Una alternativa a la siega mecánica es el uso de plataformas de recolección en que el operario, bien sentado o recostado, recoge las flores manualmente. En la práctica, el uso de estas plataformas no resulta aconsejable, pues a la larga resulta tanto o más incómodo que la práctica de la recolección manual, sin que por otro lado aumente el rendimiento de modo significativo.

En resumen, la mecanización de la recolección, imprescindible para transformar la producción del azafrán de una actividad realizada por pequeños productores utilizando terrenos marginales en una producción dinámica y moderna, capaz de asegurar un ingreso adecuado a los productores y de competir satisfactoriamente con otras actividades económicas, no se ha conseguido siguiendo las pautas tradicionales. Es evidente la necesidad de explorar nuevas alternativas que, en todo caso, deben garantizar la calidad del producto, asegurando de este modo el aprecio del consumidor.

### ***Cultivo en invernadero***

En contra de lo que se indica en algunas referencias bibliográficas, el desarrollo de la flor del azafrán no es exigente en condiciones ambientales y de cultivo. Cormos abandonados en una bancada del laboratorio o del invernadero florecen en su momento, si bien el número de flores es algo menor y éstas son de menor tamaño (y por tanto de menor rendimiento en azafrán) que el de plantas adecuadamente

cultivadas. La facilidad con que los cormos florecen nos ha permitido desarrollar un procedimiento para obtener las flores del azafrán en condiciones controladas (lo que denominamos cultivo en invernadero), tras optimizar los parámetros que determinan el número de flores y su tamaño. Los cormos se plantan (o se colocan) en bandejas de plástico de poca altura sobre un lecho de lana de roca, y sin más protección en su momento que una cobertura de unos cinco centímetros de profundidad de arcilla expandida en el momento de la emergencia de las flores. Como en nuestro planteamiento no se pretende mantener los cormos en las bandejas tras la floración, la plantación en éstas puede efectuarse con una densidad mucho más elevada que en el campo (hemos utilizado de modo rutinario en nuestros trabajos 472 cormos por m<sup>2</sup>), lo que resulta en un aumento proporcional del rendimiento de especia por unidad de superficie hasta valores del orden de 15 g por metro cuadrado (equivalente a 150 Kg de azafrán por hectárea de invernadero). En nuestros experimentos, en que utilizamos cormos de un tamaño medio (alrededor de 20 mm de diámetro), la producción media fue próxima a 100 Kg por hectárea.

Solamente es necesario mantener los cormos en el invernadero iluminado durante el periodo de floración, que tiene una duración promedio de trece días. Las fases previas, durante las que se inician las flores, no requieren iluminación, por lo que se pueden desarrollar a la oscuridad en locales de condiciones ambientales con-





Ensayo de un prototipo para la siega mecanizada de la flor del azafrán. Fotografía tomada en la finca El Safranal, propiedad de la Compañía General del Azafrán de España, en Quero, Toledo

troladas, más económicos de construcción y mantenimiento que un invernadero.

Con un manejo adecuado, la emergencia de las flores precede el desarrollo de las hojas, con las ventajas que conlleva para la recolección. La floración de los cormos tiene lugar con una marcada sincronía, y el tubo floral queda más elevado respecto a la superficie de arcilla expandida, que en los cormos cultivados en el campo respecto al suelo.



Bandeja de cultivo en el invernadero mostrando la elevada densidad de plantación utilizada, y la simultaneidad de la floración. En el extremo inferior derecho se observa entre la estructura las plantas del estante inferior. Fotografía tomada en las instalaciones de la Compañía General del Azafrán de España en Liria, Valencia.

En el momento de la floración, se puede alimentar con las bandejas un sistema automático de recolección. El sistema que hemos utilizado consiste en una barra de corte acoplada a una corriente de aire que separa las partes florales de los restos de hojas. La alimentación del sistema de corte puede hacerse de modo automático cuando el número de bandejas a manejar lo requiera. De no desearse la recolección mecánica, los contenedores pueden llevarse a una mesa de recolección. En estas condiciones, la separación manual de las flores se realiza en condiciones más confortables para el operario, y con mayor rendimiento, que en el campo.

Este sistema de cultivo en bandejas es conceptualmente diferente al utilizado actualmente. En este nuevo sistema, el campo se utiliza para producir cormos, que han de ser de tamaño suficiente para que florezcan de inmediato. Solamente florecen los cormos de diámetro superior a 20 mm, siendo preferible utilizarlos de mayor tamaño (entre 25 y 30 mm de diámetro) pues forman un mayor número de flores. La producción de cormos en el campo, que puede realizarse en ciclos de uno o dos años de duración, es susceptible de mecanización en todas sus fases. Para la siembra se puede utilizar una sembradora de patatas modificada. Idealmente debe realizarse sobre una malla de plástico, lo que facilita el arranque y la recuperación de los cormos posteriormente. Tras la recolección, asimismo mecanizada, los cormos se limpian y clasifican. Los de menor tamaño se replantan de nuevo en



Alimentación automática del sistema de siega de la flor. Este sistema corta, junto a las flores, el extremo apical de las hojas. Ello no afecta la recuperación ulterior de los cormos. Fotografía tomada en las instalaciones de la Compañía General del Azafrán de España en Liria, Valencia.

el campo para la producción de cormos el año venidero. Los que han alcanzado un tamaño suficiente se desinfectan y se llevan a las instalaciones de almacenamiento y forzado.

Las instalaciones necesarias para el almacenamiento de los cormos y el desarrollo de las flores son relativamente simples. Como

se ha indicado anteriormente, la iniciación floral y el desarrollo inicial de las flores se pueden provocar a la oscuridad en una habitación de temperatura controlada, con los cormos almacenados en contenedores o, preferiblemente, colocados en las bandejas de cultivo. Durante esta fase no es necesario proteger los cormos de la desecación, supuesto que la humedad del aire se mantiene dentro de unos límites apropiados, pudiendo simplemente mantenerse en la superficie del lecho de lana de roca. Las bandejas pueden apilarse, aumentando de este modo la superficie útil del recinto y reduciendo el coste de las instalaciones. Durante esta fase debe garantizarse una ventilación suficiente para evitar la acumulación de anhídrido carbónico, así como una circulación adecuada de aire entre las bandejas. Caso contrario se producen zonas con condensación de agua, con el riesgo de ataques de patógenos que conlleva. Aparte de este efecto, la humedad del aire no es crucial; la humedad relativa debe mantenerse idealmente en el rango 80-85%.

La floración se provoca al pasar las plantas al invernadero a una temperatura apropiada. Previamente, los cormos se cubren con la capa de arcilla expandida y se riegan, lo que provoca el desarrollo vigoroso de las raíces caulógenas y, como consecuencia, aumenta el tamaño de las flores. La iluminación durante esta fase es necesaria para evitar la etiolación, y por tanto el crecimiento desproporcionado de las hojas y del tubo floral. En nuestra experiencia es suficiente para ello

un fotoperiodo de ocho horas, con una radiación de  $20 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (aproximadamente unos 2,000 luxes) proporcionada por lámparas fluorescentes. Obviamente, un efecto similar puede obtenerse con la luz natural.

### Biología floral del azafrán

No es necesario insistir en la importancia que tiene el conocimiento de la influencia de los parámetros ambientales en la iniciación floral y el desarrollo de



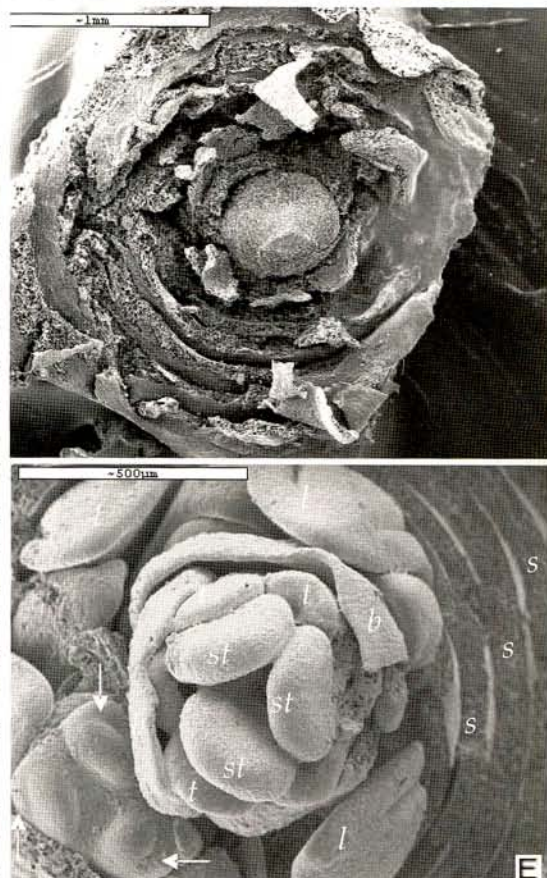
Estados fenológicos de la iniciación floral, observados a la lupa. A, ápice indiferenciado al final de la formación del corno; B y C, iniciación de las hojas, que pronto cesan en su crecimiento para reanudarlos tras la iniciación de las flores; D, formación de las brácteas; E, iniciación de los estambres; F, iniciación de los tépalos; G y H, formación del gineceo. I, el gineceo adquiere el color rojo característico. En el estado I, que se alcanza tras unos cien días de incubación a  $25^\circ\text{C}$ , la longitud de los catafilos es del orden de 10 mm. Las barras de escala son de 0.5 mm. Símbolos como en la figura anterior.

las flores para el cultivo de las plantas en condiciones controladas. Permite eventualmente programar la floración y, de este modo, controlar o ampliar la duración de este proceso. Este aspecto es de relevancia particular en el cultivo del azafrán. Como se ha indicado anteriormente, uno de los factores, si no el más importante, que dificulta el cultivo de esta especie, es la necesidad elevada de mano de obra durante el corto periodo de floración natural. La ampliación del periodo de floración liberaría a los cultivadores en gran parte, o totalmente, de la necesidad de mano de obra contratada, manteniendo al mismo tiempo la capacidad de producción, pues el trabajo manual necesario para la recolección se realizaría en un periodo de tiempo mas dilatado. En una explotación intensiva y tecnificada, ampliaría el periodo de utilización de las instalaciones, lo que para una misma producción permite reducir su tamaño y aumentar el retorno de las inversiones.

Habida cuenta la importancia de este proceso, resulta sorprendente la poca importancia que se ha dado al estudio de la floración del azafrán. Sin una razón aparente, el azafrán cultivado (*Crocus sativus*) no se incluyó en el completo estudio que realizaron Blaauw y colaboradores a principios del siglo pasado sobre la floración de los geófitos. La publicación de Hartsema, que resume los resultados del mismo y ha sido durante años referencia obligada para todos los interesados en la regulación de la floración de este tipo de especies, algunas de ellas, como gladiolo y

tulipán, de gran importancia económica, no menciona el azafrán. La situación no se corrigió posteriormente, y en los textos especializados es frecuente encontrar agrupadas la descripción de la floración del azafrán cultivado con la de una especie próxima, *Crocus vernus*, de floración primaveral y que se regula de modo muy diferente a como lo está la floración del azafrán cultivado. Consecuencia de esta confusión, es una serie de generalizaciones sobre la floración del género *Crocus* que no aplican al azafrán cultivado. Además, en los textos de mayor prestigio por la categoría de los autores, y por su precio, hay inexactitudes sobre la floración del azafrán cultivado. Entre otras, se encuentran las afirmaciones siguientes:

a) **Las diferencias señaladas en la fecha en que tiene lugar la iniciación floral (en lugares diferentes) pueden ser debidas a que los autores utilizaron en los estudios cormos de diferente tamaño.** Desde el primer momento pudimos corroborar el efecto del tamaño del cormo en el número de flores formadas, efecto que había sido señalado en estudios anteriores. Pero el análisis de la iniciación floral en distintas regiones de España nos permitió establecer indudablemente que **el momento de la iniciación floral y de la floración quedan determinados por la temperatura en el entorno del cormo.** Durante el momento de la iniciación floral, la temperatura media del suelo en el entorno inmediato de los cormos, coincide con la temperatura media del aire, que es un buen estimador de aquella. Pero mien-



Vista del ápice del tallo al microscopio electrónico. La fotografía superior corresponde a un cormo muestreado a mediados del mes de Junio, tras la seca del espartillo y antes de iniciarse el crecimiento. Se observa el meristemo en forma de cúpula y sin primordios de órganos laterales. Los órganos rotos son los catafilos de la vaina, que fueron eliminados para observar el ápice del tallo.

La fotografía inferior, que corresponde a un cormo tras ochenta días de incubación a 25 °C, muestra dos flores, una con todos los verticilos ya diferenciados, y una segunda, en el extremo inferior izquierdo de la fotografía, en el estado de diferenciación de los tépalos. Estos se inician en la parte dorsal de los estambres (flechas) y, posteriormente, entre los estambres (segundo verticilo).

Símbolos: s, zona de fractura de los catafilos de la vaina protectora del meristemo; l, hojas; b, brácteas; st, estambres; t, tépalos (uno de los seis se ha roto accidentalmente). El gineceo, que no es visible, se encuentra en el fondo de la cavidad formada entre los estambres.

tras la temperatura del aire muestra normalmente diferencias muy marcadas entre el día y la noche, la temperatura del suelo en el entorno del cormo apenas varía.

b) **Los cormos de azafrán cultivado pueden almacenarse a 30 °C durante un año, manteniendo durante todo este tiempo su capacidad de floración.** Esta afir-

mación, que de ser cierta habría permitido sin más ampliar a voluntad el periodo de floración, nos hizo perder, a nosotros y, nos consta, también a otros grupos de investigación, muchas horas de experimentación costosa. Los cormos de azafrán inician la brotación cuando se almacenan a esta temperatura, y se produce la diferenciación de un número limitado de flores. **Pero no toleran un almacenamiento prolongado a esta temperatura, y tras 150 días de conservación se produce el aborto de las flores.**

En ausencia de estudios contrastados, tuvimos que determinar todos los aspectos concernientes a la regulación de la floración del azafrán. Nuestros estudios demostraron que:

a) Las yemas completan su desarrollo varias semanas antes de la estación seca de verano, antes de que se complete la formación (o llenado) del cormo de reemplazo. A continuación permanecen en reposo durante varias semanas. Estas yemas no tienen órganos laterales, y están protegidas por varios catafilos que formarán una estructura hueca que iniciará el crecimiento antes que el meristemo, y por cuyo interior progresará éste, que queda de este modo protegido del roce con el suelo.

b) El crecimiento de estas yemas se reanuda cuando aumenta la temperatura, factor que determina la velocidad de crecimiento y los procesos de morfogénesis que tienen lugar en el meristemo. La iniciación floral ocurre en cormos de más de 20

mm de diámetro, cuando se incuban en un rango de temperatura entre 23 y 27 °C. El crecimiento de los catafilos y del ápice del tallo es perceptible 40 días después del inicio de la incubación. La iniciación floral, medida por el número de flores que forma el cormo, progresa durante la incubación, precisándose entre 45 y 60 días de incubación para alcanzar la floración máxima.

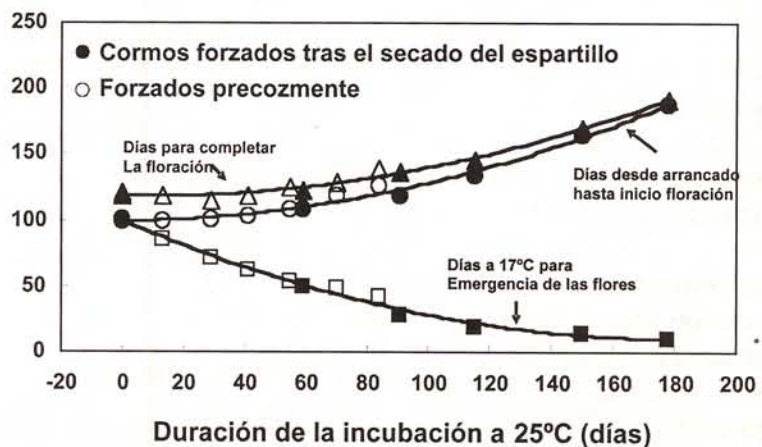
c) Fuera del rango de temperatura indicado, hay una reducción en el número de flores iniciadas, tanto mayor cuanto más nos alejamos. No se forman flores los cormos incubados a una temperatura inferior a 17 °C. La incubación a esta temperatura permite la iniciación de una sola flor por cormo

d) En condiciones naturales es la temperatura ambiente, y no el estado de desarrollo de los cormos, el factor que determina el comportamiento de los meristemas. Los cormos recolectados

antes de completar su formación se comportan, cuando se incuban a una temperatura apropiada, del mismo modo que los cormos recolectados tras la seca de sus hojas (o espartillo) y que ya han completado su desarrollo. Ello nos permitió ampliar el periodo de floración recolectando, y forzando, los cormos antes de la seca del espartillo.

e) Una incubación superior a 150 días a una temperatura de 25 °C, temperatura próxima a la óptima para la iniciación floral, provoca el aborto de las flores. Este aborto ocurre antes a una temperatura más elevada.

f) La emergencia de las flores requiere la transferencia de las plantas, tras la iniciación floral, a una temperatura próxima a 17-18 °C. En condiciones naturales, en las zonas tradicionalmente productoras de azafrán la floración tiene lugar cuando la temperatura del aire alcanza este valor.



La duración de la incubación a 25 °C determina el tiempo transcurrido entre el principio del forzado y la floración. Esta relación es muy estrecha, y trabajando en condiciones controladas permite predecir la época de floración con una precisión de unos tres días. La curva que liga estos dos parámetros es común para los cormos utilizados antes del agostamiento de las hojas (seca del espartillo) y para aquellos recuperados tras este proceso. De este modo, es posible ampliar el periodo de floración utilizando cormos arrancados precozmente. La producción de azafrán es máxima cuando la incubación a 25 °C se prolonga entre 60 y 150 días.



Escalonamiento de la floración controlado modificando la duración de la incubación de los cormos a 25 °C. Mientras en los cormos en el primer plano de la fotografía están emergiendo las primeras flores, los de la bandeja que se muestra en el segundo plano están en plena floración (lo que podríamos llamar día de manto). Las bandejas del fondo ya han florecido y presentan un marcado desarrollo de las hojas. Fotografías realizadas en las instalaciones de la Compañía General del Azafrán en Liria, Valencia, España.

g) La duración de la incubación a temperaturas inductivas (en el entorno de 25 °C) entre 45-60 y 150 días, no afecta el número de flores formadas, pero influye significativamente en el momento de la antesis. Cuanto mayor es la duración de la incubación, menor es el tiempo necesario a 17 °C para la emergencia de las flores, pero es mayor el tiempo transcurrido desde el inicio de la incubación hasta el inicio de la floración. Aumentando el tiempo de incubación a 25 °C de 60 a 150 días, se obtiene un retraso de 60 días en el inicio de la floración.

El conocimiento de los mecanismos de regulación de floración del azafrán nos ha permitido programar la utilización del invernadero obteniendo un rendimiento máximo de especia por unidad de superficie. Modificando el momento de arrancado (y forzado) de los cormos, así como la duración de la incubación a una temperatura inductiva, la floración del azafrán puede extenderse

durante un periodo de tiempo ligeramente superior a los cien días. Aún más, el momento de floración, que está determinado por las condiciones de incubación, es predecible con un error inferior a dos días. Como la duración de la floración de un lote de cormos es, como media, de 13 días, durante los 100 días de duración de una campaña de floración se pueden forzar en el invernadero siete lotes de cormos, con un rendimiento en especia del orden de 100 g por metro cuadrado, lo que representa 1000 Kg por hectárea (del orden de 700 en nuestros experimentos por la razón apuntada anteriormente). Durante las fases previas a la floración, los cormos se mantienen en recintos de temperatura controlada, más económicos de diseño y mantenimiento que un invernadero.

Las ventajas de este sistema de cultivo frente al sistema de producción tradicional son fundamentalmente la extensión del periodo de recolección y el mayor confort de las operaciones de recolección y monda, que pueden mecanizarse con más facilidad que en el

campo. Mientras en la producción tradicional la cosecha debe procesarse en un plazo de unos diez días, con picos acusados de trabajo durante los denominados días de manto, en el cultivo en invernadero el trabajo se extiende durante un periodo de tiempo diez veces mayor, y además la distribución de la floración es más uniforme en el tiempo. Se evita de este modo la necesidad de mano de obra abundante durante periodos de tiempo muy cortos, exigencia de difícil satisfacción. Además, la floración, y el trabajo de los operarios, no están afectados por las inclemencias climáticas. Particularmente, las operaciones de recolección se realizan en condiciones mucho más confortables que en la recolección tradicional, pudiendo permanecer los operarios sentados ante una mesa.

### **Conservación de los cormos a bajas temperaturas**

La conservación de los órganos de perpetuación a bajas temperaturas, en ocasiones por debajo del punto de congelación, es práctica habitual en el cultivo

#### **Aspectos técnicos de la producción de azafrán en invernadero**

(Utilizando cormos conservados a temperatura elevada)  
(Densidad de plantación de 472 cormos por m<sup>2</sup>)

<b>Duración de la floración</b> (Arrancado normal)	<b>60 días</b>
<b>Extensión de la floración</b> (Mediante arrancado precoz)	<b>40 días</b>
<b>Duración total del periodo de floración</b>	<b>100 días</b>
<b>Duración media de la floración</b>	<b>13 días</b>
<b>Lotes de cormos forzados por año</b>	<b>7 – 8</b>
<b>Producción de azafrán</b>	<b>630-720 Kg/Ha</b>

de algunas plantas bulbosas que se cultivan por sus flores, como *Freesia* y *Tulipa*. En estas especies, es posible mantener las plantas a baja temperatura, incluso por debajo del punto de congelación del agua, después de la iniciación de las flores, deteniendo de este modo su desarrollo. Cuando se transfieren a temperaturas más elevadas, el crecimiento del ápice se reanuda de inmediato y la floración tiene lugar en un plazo breve y, lo que resulta esencial, predecible. De este modo se ha conseguido ampliar el periodo de floración y obtener flores durante la mayor parte del año, aumentando la rentabilidad de su producción.

Nuestros intentos iniciales para conservar los cormos de azafrán de este modo fueron descorazonadores. Los órganos florales son sensibles al frío, y la conservación a baja temperatura provoca el aborto de las flores. Este aborto resulta tanto más rápido cuanto más avanzado es el desarrollo de las flores al principio del almacenamiento. Cuando han alcanzado el estado de diferenciación del gineceo, este aborto tiene lugar tras 80 días de almacenamiento a una temperatura entre 1 y 3 °C. No es posible, por tanto, prolongar de este modo el periodo de floración del azafrán más allá de lo que se puede conseguir mediante el almacenamiento, mucho más económico, a una temperatura elevada. Temperaturas inferiores a la de congelación del agua, que se utilizan con éxito en la conservación de las especies citadas anteriormente, provocan el aborto de las flores y la desintegración de los tejidos de reserva y, por tanto,

la muerte de las plantas. Mientras las hojas del azafrán toleran las bajas temperaturas invernales de las zonas de cultivo, frecuentemente inferiores al punto de congelación, los cormos se muestran sensibles a la helada. Sobreviven durante el invierno merced a la protección que les ofrece la cubierta del terreno.

Retrospectivamente, no es sorprendente la diferencia en la respuesta a las bajas temperaturas frente a la descrita en las especies citadas anteriormente. Estas especies tienen un ciclo de desarrollo del tipo cálido-frío-cálido. En condiciones naturales, la iniciación floral se produce durante el verano o el otoño, y los meristemas florales soportan las temperaturas invernales. Las flores se desarrollan en primavera al aumentar la temperatura. Estas especies no solamente son capaces de tolerar las bajas temperaturas; en occa-

siones, éstas son necesarias para eliminar la latencia de las yemas o completar la iniciación floral. Por el contrario el ciclo natural del azafrán es del tipo cálido-templado. Las flores iniciadas durante el verano se desarrollan completamente durante el otoño, antes de las bajas temperaturas invernales. En ningún caso pudimos demostrar un efecto beneficioso de un régimen de bajas temperaturas, por debajo de los 17 °C, en el desarrollo de las flores.

A pesar de las dificultades iniciales, logramos extender el periodo de floración hasta finales del mes de Enero, 45 días más de lo que permite una conservación a temperatura elevada, almacenando los cormos a baja temperatura en atmósfera con bajo contenido en oxígeno, entre el 1 y el 2 %. Cuando se almacenan los cormos antes de la iniciación floral no hay pérdida en la capaci-

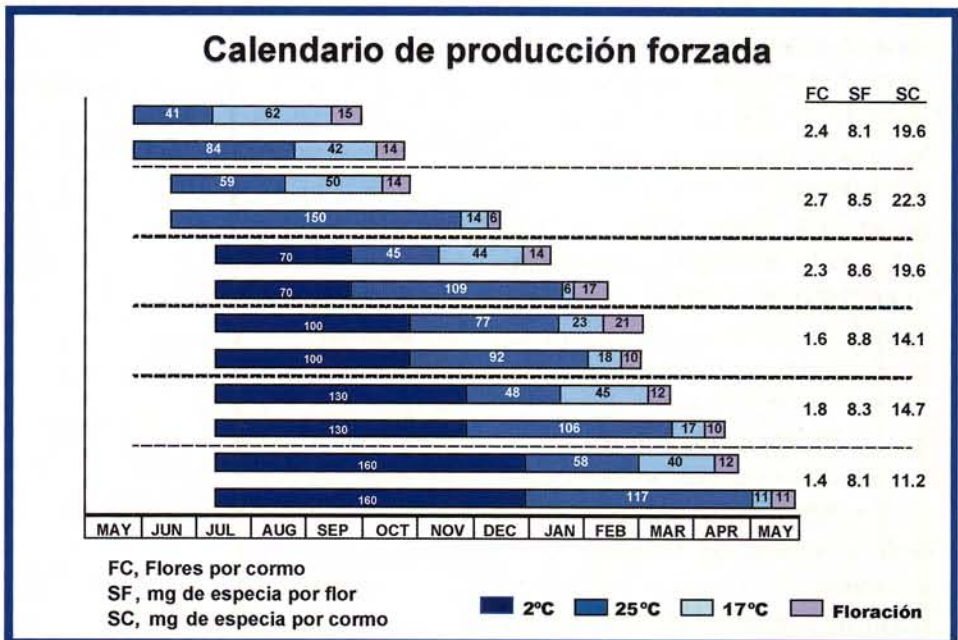


Diagrama basado en los datos del protocolo de producción. En cada uno de los lotes de cormos, las barras señalan los valores extremos de las fechas de floración, que están determinadas por la duración de la incubación a 25 °C. Valores intermedios a los indicados permiten el escalonamiento continuo de la floración de principios de Septiembre a finales del mes de Mayo. Las cifras dentro de las barras indican la duración de cada fase en días.

dad de formación de flores por los cormos, ni en el rendimiento en azafrán. El almacenamiento en estas condiciones permite prolongar la floración aun más, hasta finales del mes de Mayo, pero con un descenso significativo tanto en el número de flores formadas como en su tamaño (rendimiento en azafrán).

El coste de producción del azafrán obtenido utilizando la conservación a baja temperatura es sensiblemente mayor que el de azafrán obtenido utilizando cormos conservados a temperatura elevada. Precisa de unas instalaciones más costosas, la duración de la conservación es más prolongada, y la energía consumida por día de conservación es mayor. Además, tras la conservación en frío hay que incubar los cormos a temperatura elevada a fin de provocar la iniciación floral. Ello representa una manipulación más, con la necesidad asociada en mano de obra, que en los cormos conservados a temperatura elevada. Es de interés, no obstante, pues permite producir mas azafrán por unidad de superficie de la instalación, reduciendo de este modo los costes de mantenimiento y amortización, y desestacionalizar en mayor medida las necesidades en mano de obra.

## Perspectivas futuras

Un aspecto en el que están unánimemente de acuerdo todos los expertos es que el cultivo del azafrán siguiendo el sistema tradicional está en trance de desaparecer en España. Y además, sin importar los incentivos que se ofrezcan a los agricultores, el cul-

tivo, del modo como se realiza actualmente, es irrecuperable. La única alternativa es alcanzar un grado de tecnificación que permita hacerlo atractivo, económicamente y en términos de confort, y de este modo pueda competir con otros cultivos u otras actividades económicas.

Los conocimientos sobre la biología del cultivo que hemos adquirido y la tecnología desarrollada, cambia la perspectiva del cultivo. Este pasa de ser artesanal, a pequeña escala y dependiente del clima, a un grado de tecnificación del mismo orden que otros cultivos hortícolas considerados rentables actualmente. Además, esta tecnología es versátil, y puede adaptarse para la formación de grandes unidades de producción, pero también para la producción por una unidad familiar. En este caso, algunas operaciones de la producción serían más eficaces si se organizaran de

modo cooperativo, sistema que podría extenderse a la comercialización.

El cultivo en invernadero es una alternativa viable y, socialmente, mas aceptable que el cultivo tradicional. Además, es compatible con otras aplicaciones del invernadero. Una rotación de cultivos adecuada aseguraría su utilización durante todo el año, generando trabajo de modo continuo y aumentando así la renta de los productores. La continuidad en la ocupación, y el aumento en el nivel de renta son el mejor incentivo para la persistencia de este cultivo.

Exige, por otra parte, una serie de condicionantes, como son:

a) Una inversión en instalaciones que no son necesarias en el cultivo tradicional. Como se ha indicado, estas instalaciones son utilizables para otros fines, lo que

### Protocolo para la producción de azafrán en invernadero

En función de la época de floración deseada se indica la fecha de arrancado de los cormos, el tratamiento térmico y, en su caso, la duración del almacenamiento a baja temperatura, y la duración de la incubación a 25 °C. Para cada una de las condiciones se indica la fecha de floración, el número de flores formado, y la producción de especia por flor y por cormo.

Epoca de floración <sup>a</sup>	1 Sep 10 Oct	11 Oct 10 Dic	13 Dic 25 Ene	19 Ene 26 Feb	10 Feb 22 Mar	24 Mar 8 May
<b>Parámetros de manejo</b>						
Fecha arrancado <sup>b</sup>	Precoz	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Tratamiento térmico <sup>c</sup>	Si	Opcional	No	No	No	No
Almacenamiento (días)	No	No	70	100	130	160
Incubación (días)	41-84	59-150	45-109	45-109	45-109	45-109
<b>Parámetros de floración</b>						
Flores por cormo	2.4	2.7	2.3	1.6	1.8	1.4
Azafrán (mg flor <sup>-1</sup> )	8.1	8.5	8.6	8.8	8.3	8.1
Azafrán (mg cormo <sup>-1</sup> )	19.6	22.3	19.6	14.1	14.7	11.2

- a) Dentro de cada uno de los lotes de cormos, definidos por la fecha de arrancado y la duración del almacenamiento en frío, la fecha de floración queda determinada por la duración de la incubación a 25 °C.  
 b) Arrancado precoz a principios de Mayo, antes de la seca del espartillo. Arrancado tardío a finales de Junio. Datos de Quero, Toledo.  
 c) Incubación a 30 °C previa a la iniciación floral.

reduce los gastos de amortización. El consumo en energía, mayor que en el cultivo tradicional, representa en todo caso un porcentaje menor del valor del producto final.

b) Una mayor tecnificación del cultivo, lo que exige una mayor preparación de los productores y la necesidad de un apoyo técnico apropiado. En particular, en el sistema forzado en invernadero hay que prestar una atención cuidadosa a los problemas fitopatológicos. Aunque presentes, tienen mucho menos importancia en el cultivo tradicional.

c) La aceptación comercial del azafrán obtenido de este modo. El prestigio del azafrán español se defiende mediante el marchamo de calidad que proporciona la denominación de origen **Azafrán de la Mancha**. No hay duda de que esta actuación es esencial para la defensa de la calidad, y con ella el prestigio y el precio, del producto obtenido en España. Y de este prestigio da fe el hecho de que hace veinte años, el precio del azafrán de calidad en el mercado internacional estaba determinado por la oferta de azafrán español. Pero, al mismo tiempo, las condiciones muy restrictivas que se imponen para poderse acoger a esta denominación son un obstáculo para el progreso tecnológico y la evolución de las técnicas de cultivo, aspectos a los que está ligado la misma supervivencia del cultivo en España. La alternativa que se plantea actualmente es mantener las normas actuales, de las que se beneficiará una cosecha cada vez menor, si dentro de

algunos años, muy pocos, queda alguna, o bien proteger todo producto de calidad contrastada que se produzca en nuestro país. Para ello sería necesario modificar la reglamentación a fin de poder incluir el azafrán obtenido mediante procedimientos innovadores, con la única e ineludible condición de que la técnica de producción no afecte adversamente la calidad del producto. Si bien los repetidos controles que hemos realizado probaron que la producción en invernadero no afecta la calidad del azafrán, es necesario arbitrar un sistema de control independiente que avale la calidad en todos los casos. Este sistema de control debe basarse en determinaciones físicas y químicas del producto, por encima de consideraciones tradicionales o de opiniones personales.

Si se quiere conservar el cultivo del azafrán en España se precisa una acción inmediata y decidida por parte de la Administración, asegurando la ejecución de las investigaciones que todavía son necesarias para optimizar el sistema de producción e iniciando la difusión de las nuevas tecnologías y formando en ellas a los agricultores. Y el adjetivo inmediata, con el que calificamos la urgencia de esta acción no es una figura retórica ni una exageración. Si ésta se pospone, aunque solo sea unos pocos años, es dudoso que se puedan encontrar en España cormos suficientes tan siquiera para el desarrollo de la investigación, y mucho menos para la recuperación del cultivo, proceso que llevaría varios años. De este modo se perdería una alternativa productiva que en el pasado llegó a alcan-

zar en España un valor anual de 27 millones de euros (valor calculado utilizando el precio pagado actualmente al agricultor por la especia), y el cultivo del azafrán será un recuerdo histórico como lo es actualmente el cultivo de la morera y la crianza del gusano de seda asociada al mismo.

El trabajo de investigación original descrito ha sido financiado por la Compañía General del Azafrán de España. Los autores agradecen a D. Agustín Escandón, Presidente de la compañía, por la autorización para publicar estos resultados.

### **Bibliografía**

- Alarcón Molina, J. y Sánchez Requena, A.** 1968. El Azafrán. Hoja divulgadora 13-68-H. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Benschop, M.** 1993. Crocus. En: de Hertog, A. and Le Nard, M. (Eds.). The Physiology of Flower Bulbs. Cap. 19. Elsevier, Amsterdam, pp 257-283.
- Molina, R.V., García Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., Valero, M., Navarro, Y. y Guardiola, J.L.** 2004. Flower formation in the saffron Crocus (*Crocus sativus* L.). The role of temperature. Acta Horticulturae (Proceedings of the International Saffron Congress, Albacete, 2003). En prensa.
- Molina, R.V., García-Luis, A., Valero, M., Navarro, Y. y Guardiola, J.L.** 2004. Extending the harvest period of saffron. Acta Horticulturae (Proceedings of the International Saffron Congress, Albacete, 2003). En prensa.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., García-Luis, A. y Guardiola, J.L.** 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae. En prensa.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., García-Luis, A. y Guardiola, J.L.** 2004. Low temperature storage of the corms extends the flowering season of the saffron plant. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. En prensa.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L. y García Luis, A.** 2004. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae. En prensa.
- Negbi, M. (Editor)** 1999. Saffron (*Crocus sativus* L.). Harwood, Amsterdam.
- Res, A.R.** 1992. Ornamental Bulbs, Corms and Tubers. C.A.B. International, Wallingford, U.K.





**Horticur**

· ESPECIAL PARA HORTALIZAS ·



**BROTAMIN  
RADICULAR**

· PARA TODOS LOS CULTIVOS ·



**Citricur**

· ESPECIAL PARA CÍTRICOS ·

**XEM ABONOS, S.L.**

XEM ABONOS, S.L. C/ Rondonera, 4 - Tel.: 96 289 21 27 - Fax: 96 289 06 62 - 46770 XERACO, Valencia (España)

**Productos Específicos de Alta Tecnología**

