



Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica, 12: 1-11. 1999.

AZAFRÁN: ECO-HISTOLOGÍA FOLIAR DEL *CROCUS SATIVUS* L.

LÓPEZ, S.¹; CAVERO, R. Y.¹; LÓPEZ, M. L.¹; LÓPEZ, F.¹; OROMÍ, M.J.¹ y
SESMA, P.²

¹ Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, 31080 Pamplona, España.

² Departamento de Histología y Anatomía patológica, Facultad de Medicina, Universidad de Navarra, 31080 Pamplona, España.

RESUMEN

LÓPEZ, S.; CAVERO, R. Y.; LÓPEZ, M. L.; LÓPEZ, F.; OROMÍ, M.J. y SESMA, P. (1999). Azafrán: Eco-Histología foliar del *Crocus sativus* L. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 12: 1-11.

La histología de catáfilos, nomófilos e hipsófilos del azafrán cultivado en La Mancha, España ha sido estudiada, en distintos momentos de su desarrollo anual, mediante observaciones en vivo y preparaciones histológicas fijadas con F. A. A., incluidas en parafina, y teñidas con verde rápido-safranina. El azafrán realiza su actividad fotosintética casi exclusivamente en invierno. Los nomófilos adultos de *Crocus sativus* L. están perfectamente adaptados a los inviernos de clima continental con escasas precipitaciones, fuertes oscilaciones térmicas diarias y frecuentes heladas nocturnas: células de la epidermis externa con paredes exteriores fuertemente engrosadas en celulosa y provistas de gruesa cutícula, envés de la hoja replegado en cámaras-hendiduras longitudinales donde se sitúan los estomas, porciones del mesófilo con función de reserva acuífera constituidas por epidermis múltiple y parénquima incoloro; y recios cordones longitudinales de colénquima, asociados a haces vasculares y situados a ambos lados de las hendiduras.

Palabras clave: *Crocus sativus*, Cultivo del azafrán, Eco-Histología, España, Histología de la hoja de azafrán.

SUMMARY

LÓPEZ, S.; CAVERO, R. Y.; LÓPEZ, M. L.; LÓPEZ, F.; OROMÍ, M.J. y SESMA, P. (1999). Saffron: Eco-histology of the leaves of *Crocus sativus* L. *Publ. Bio. Univ. Navarra, Ser. Bot.*, 12: 1-11.

Three types of leaves cataphyllees, nomophylles and hypsophylles- from Spanish -La Mancha- cultivated Saffron, its annual development, have been observed "in vivo" as well as with help of histologic preparations dyed with fast-green/safranine. It is remarkable that, as Saffron does photosynthetic activity during the frosty, dry and high daily thermic oscillative continental winter, the nomophylles-histology is characterized by: lower face refolded into longitudinal halls-fisures where stomates gather; outward walls of external epidermic cellules strongly thicked with celulose and coated with thick cuticle; mésophylle portions with water reserve funtions constituted by multiple epidermis and colourless parenchyma; and longitudinal strong collenchyma cords asociated with vascular strands and situated both faces of halls-fisures.

Key words: *Crocus sativus*, Eco-Histology, Saffron culture, Saffron leave histology, Spain.

INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola es un aspecto desafiante para el desarrollo de la vida humana. No es sólo que sea imprescindible para la supervivencia del hombre, sino que se puede considerar como un índice de la sabiduría de las civilizaciones.

Hoy la agricultura tiene un reto: aplicar los numerosos conocimientos científicos y técnicos, no sólo a la producción, sino a una producción que aprovechando el medio no lo deteriore. La agricultura ecológica, la bioagricultura, son conceptos que están revolucionando el planteamiento del trabajo agrícola. Durante muchos años los conocimientos científicos se han aplicado al campo con el fin de conseguir unos rendimientos mayores y una mejora de las condiciones de trabajo: la selección de semillas, la aplicación de abonos y herbicidas, la extensión del riego, el cultivo en invernadero, así como la aplicación de la tecnología mecánica, han sido los aspectos más perfeccionados.

Una consecuencia de este dominio del hombre sobre el medio puede ser la extensión de cultivos por zonas cuyas características geográficas no son las más apropiadas. El hombre puede modificar sustancialmente esas características pero estamos aprendiendo que, en la naturaleza, no todo lo que se puede hacer se debe hacer, en términos de rentabilidad económica y ecológica.



La provincia de Ciudad Real, es una zona eminentemente agrícola que, en la actualidad atraviesa una época de reajustes en sus cultivos. El azafrán es un producto que se ha cultivado en abundancia y que ha dado fama a estas tierras por su calidad. A partir de los años 80, una serie de circunstancias, sobre todo de mercado y de variación en la situación laboral, han ido provocando su abandono: hoy es un cultivo que tiende a desaparecer. Sin embargo, se trata de un producto demandado en el mercado y del que España ha pasado a ser importadora en cantidades considerables.

Crocus sativus L. es un geófito bulboso que pasa parte de la primavera, el verano y parte del otoño en estado de reposo como un bulbo macizo -cormo- a 17-20 cm bajo tierra y rodeado de vainas de las hojas viejas -viejura-. A mitad de otoño el brote, constituido por un tallo corto y diversas hojas y flores, alcanza el nivel del suelo, lo que permite la apertura de las flores y la aparición de las hojas verdes. Durante el resto del otoño, invierno y parte de la primavera los nomófilos no cesan de crecer y de fotosintetizar, al tiempo que el tallo que los sustenta se engruesa para dar un bulbo hijo. La senescencia de las hojas a finales de primavera indica la iniciación de un nuevo periodo de reposo.

Las características del ciclo biológico del *Crocus sativus* se adaptan extraordinariamente a las tierras de Ciudad Real, en las que las precipitaciones son escasas, los inviernos son fríos, con heladas frecuentes, y los veranos especialmente secos y calurosos. Una de las partes del *Crocus sativus* que hacen posible el aprovechamiento de esas características climáticas son sus hojas: su forma externa y principalmente su estructura interna, su disposición, el tiempo de su aparición y desarrollo etc., aprovechan al máximo la luz y el agua y eliminan los peligros del hielo. Estamos ante un ser vivo que aprovecha las cualidades del clima mediterráneo continental y está preparado para eludir sus aspectos negativos. Parece necesario encontrar la forma de reinstaurar su cultivo de forma eficaz, introduciendo las variaciones oportunas en las técnicas agrícolas.

Del estudio bibliográfico sobre *Crocus sativus* L. realizado por dos de nosotras, López (1989) y Oromí (1992), se deduce que no existen otros trabajos sobre histología del azafrán adulto.

Con este trabajo nos proponemos conocer la estructura adulta de los catáfilos, nomófilos e hipsófilos, que sustenta esa actividad vegetativa invernal del azafrán.

MATERIAL Y MÉTODO

Los bulbos empleados para este estudio proceden de la localidad manchega de La Solana y se plantaron según el procedimiento de la zona: 1º, desenterrar en mayo-junio después de un cultivo de cuatro años; 2º, limpiar los bulbos de los restos de

viejura -túnicas más externas, restos de raíces y bulbos parenterales secos-; 3º, plantar de julio a septiembre en hilera a 20-22 cm de profundidad.

El método utilizado para la realización de las preparaciones histológicas ha sido el siguiente: los segmentos vegetales obtenidos mediante cortes de los ejemplares se fijaron con F. A. A., se deshidrataron y se aclararon con xilol. Posteriormente se introdujeron en parafina líquida para obtener bloques en los que se efectuaron cortes de 5 μ m de espesor con un microtomo de rotación "Leitz". Los cortes se desparafinaron con xilol, hidrataron y a continuación se realizó su tinción mediante la técnica de verde rápido-safranina (Jensen 1962). Los cortes teñidos se montaron de forma permanente. De las preparaciones se realizaron microfotografías con un fotomicroscopio Zeiss, con aumentos variables entre 60 y 1.200.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El brote joven del azafrán produce: un tallo corto (que se engrosará después para dar el bulbo-hijo) portador de distintos tipos de hojas vegetativas. Las primeras son escamas o catáfilos, de función protectora; las siguientes son nomófilos, de función fotosintética, y las últimas son brácteas y bracteolas -hipsófilos-, que protegen los órganos florales (Fig. 1). Los primeros catáfilos consisten sólo en vainas cónicas; el resto de los catáfilos y los nomófilos constan de una parte proximal o vaina basal cónica y de una parte distal; mientras que los hipsófilos tienen una estructura homogénea en toda su longitud.

La parte basal de catáfilos y nomófilos -vaina cónica- abraza y rodea al tallo y le acompaña en su dilatación. Aparece con la típica simetría bilateral de un mesófilo limitado por dos epidermis (Fig. 2). El mesófilo hacia el exterior -envés- presenta paquetes de células estrechas y largas -precursoras de tejidos de sostén: colénquima- alternando con otras, algo mayores, provistas éstas de granos de almidón -células parenquimáticas-. Hacia el interior -haz- las células con almidón dejan grandes espacios intercelulares, formando un parénquima muy esponjoso. De cuando en cuando, en el mesófilo aparece algún haz vascular. Las células de la epidermis del envés tienen las paredes externas algo más engrosadas en celulosa y cubiertas por cutícula. Cuando estas vainas son jóvenes, sus epidermis y su parénquima son continuación de los del bulbo-hijo; cuando el bulbo-hijo comienza a engordar y se carga de almidón, las células parenquimáticas de las vainas también acumulan almidón. A medida que el bulbo engorda, las vainas sufren una progresiva dilatación transversal y le acompañan en su crecimiento. Hacia el final de la época vegetativa, las vainas pierden las células parenquimáticas y gran parte de la epidermis y quedan reducidas a las fibras longitudinales de colénquima, constituyendo, en conjunto, la viejura.

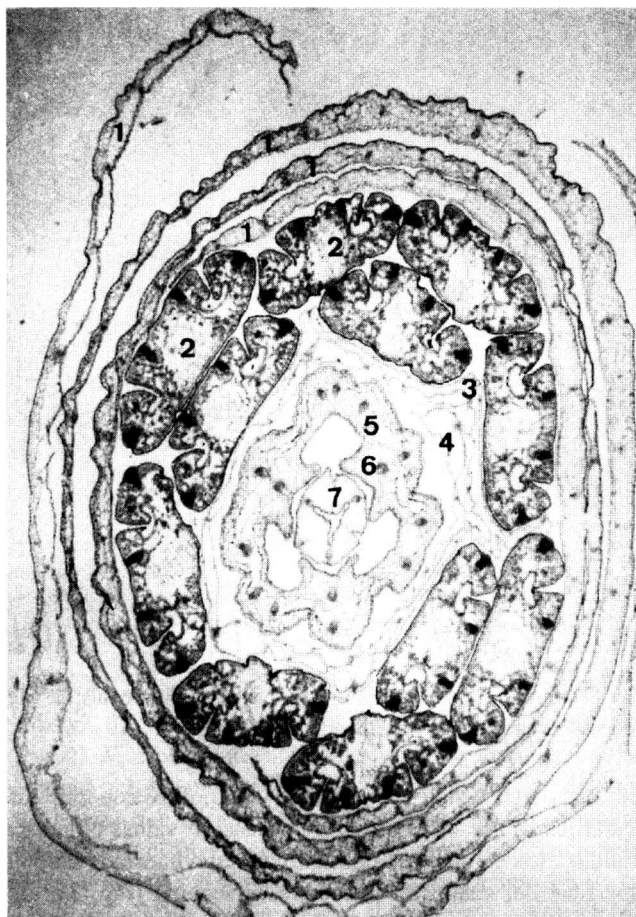


Fig. 1.- Corte transversal de un brote vegetativo-reproductor, con los distintos tipos de hojas: 1. Catáfilos; 2. Nomófilos; 3. Brácteas; 4. Bracteolas; 5. Tubo del perigonio; 6. Filamento del estambre soldado al perigonio; y 7. Estilo. (x 10).

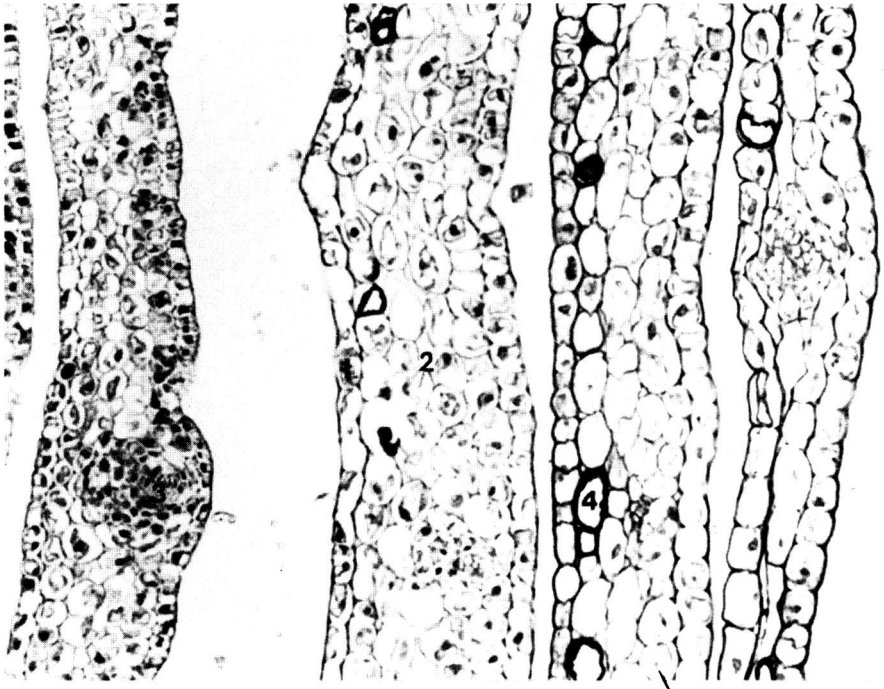


Fig. 2.- Partes basales de catáfilos y nomófilos: 1. Epidermis; 2. Mesófilo; 3. Haz vascular poco diferenciado; y 4. Esclereida. (x 100).

En cambio, las partes distales de catáfilos y nomófilos son muy diferentes entre sí. La de los catáfilos carece de clorofila y consiste en vainas cilíndricas, abiertas o cerradas, embutidas unas en otras: en conjunto, un tubo hueco de 15-20 cm., desde el bulbo a la superficie del suelo. Su estructura es sencilla (Fig. 3): un mesófilo de grandes células parenquimáticas incoloras para reserva de agua, en el que se incluyen pequeños haces vasculares, en disposición longitudinal y paralela, limitado por dos epidermis sin estomas ni cutícula. Las células de la epidermis exterior tienen la pared libre engrosada en celulosa. Así mismo, tanto en la epidermis exterior como en la interior las paredes transversales de contacto entre las células epidérmicas, presentan evaginaciones-invaginaciones. A diferencia del mesófilo parenquimático de las vainas, el de la parte distal carece de granos de almidón. El parénquima acuífero del mesófilo se deteriora pronto, por lo que entre las dos epidermis aparecen amplios espacios vacíos.

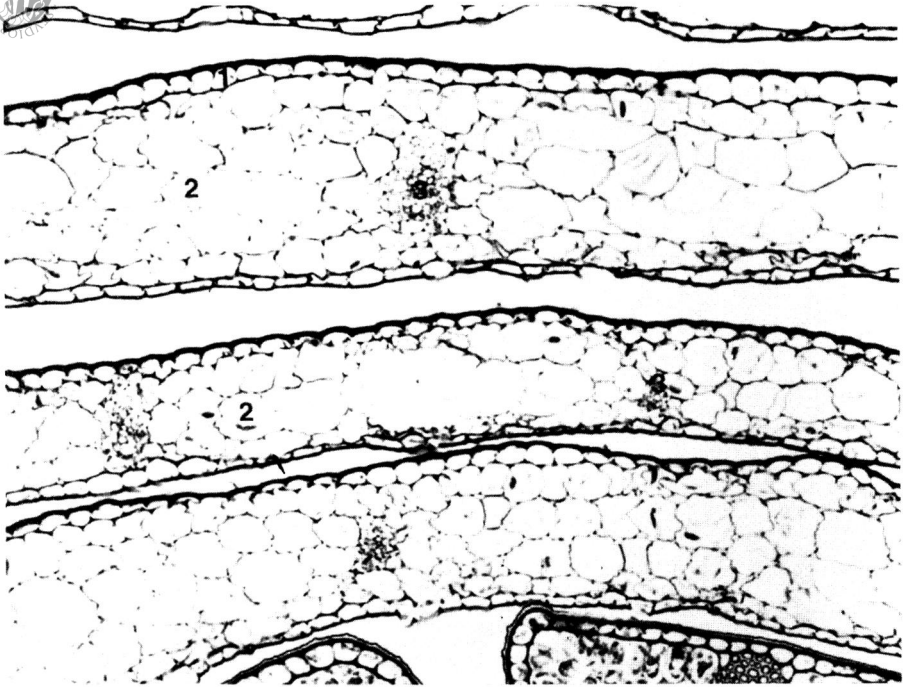


Fig.3.- Partes distales de los catáfilos: 1. Epidermis; 2. Mesófilo; 3. Haz vascular. (x 100).

La parte distal de los nomófilos tiene una estructura muy compleja y especializada (Fig. 4). Morfológicamente, el limbo de los nomófilos es acintado, con 40-50 cm de longitud y 2-3,5 mm de anchura. A simple vista se distingue bien una franja longitudinal clara que recorre el haz, así como 2 ó 3 estrechas hendiduras, también longitudinales, en el envés; estas hendiduras, que penetran en el mesófilo, se dilatan en cámaras terminales al final de su recorrido. Debido a esta estructura, la epidermis de la hoja del azafrán tapiza, no sólo el contorno exterior de la misma, sino también las hendiduras y las cámaras terminales a que esas conducen. Histológicamente, la epidermis externa de la hoja, es decir, la parte que está en contacto directo con el aire, carece de estomas y está protegida por el grueso espesor de la pared celulósica externa de sus células, así como por una gruesa cutícula. En contraste con lo anterior, la epidermis de las cavidades carece del engrosamiento celulósico y de la cutícula existentes en las epidermis externas y, además, presenta numerosísimos estomas y algunos pelos. Por su parte, la epidermis de los bordes de las hendiduras longitudinales presenta la particularidad de que tanto en la pared

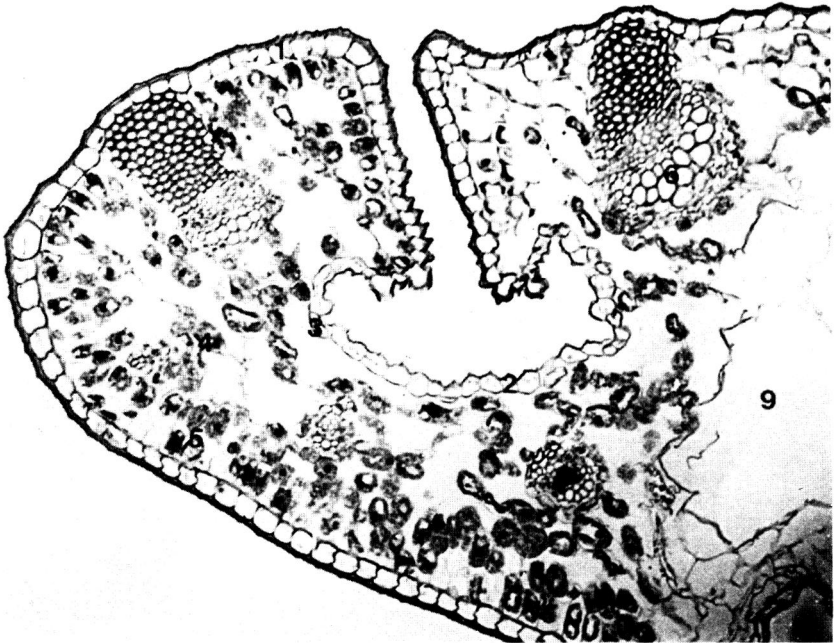


Fig. 4.- Detalle de una hendidura del nomófilo: 1. Epidermis externa con pared celulósica y gruesa cutícula; 2. Epidermis carente de engrosamiento celulósico y de cutícula; 3. Estomas; 4. Parénquima esponjoso; 5. Parénquima en empalizada; 6. Haz vascular con tejido de sostén asociado, 7. Colénquima; 8. Haz vascular sin tejido de sostén; 9. Parénquima acuífero. (x 100).

celulósica externa como en la cutícula aparecen prominencias que encajan con zonas deprimidas de la epidermis en la parte opuesta de la hendidura. El mesófilo del nomófilo aparece muy bien diferenciado: 1º, tapizando las cavidades en que finalizan las hendiduras, hay una orla de parénquima esponjoso con amplios espacios intercelulares relacionados con los estomas; 2º, a continuación, y hacia el exterior hasta conectar con la epidermis, el parénquima en empalizada, constituido por varias capas de cortas células cilíndricas, cada vez más compactadas hacia la periferia; 3º, en situación intermedia entre ambos parénquimas, se sitúan los haces vasculares, algunos de los cuales -dos por cada hendidura- van acompañados de recios cordones floemáticos de tejido de sostén -colénquima- que se prolongan hasta contactar la epidermis exterior; y 4º, por último, la porción incolora del mesófilo situada entre las

cámaras y el haz, está formada por grandes células parenquimáticas de paredes finas sin cloroplastos ni almidón; la primera y segunda capas de células más próximas a la superficie presentan las eva-invaginaciones encajadas típicas de las células epidérmicas, lo que se puede interpretar como epidermis múltiple; todo este conjunto, que constituye un tejido acuífero, es la banda clara que recorre longitudinalmente el haz de la hoja y se observa a simple vista.

Por último, las brácteas y bracteolas que protegen los órganos florales tienen en toda su longitud una estructura muy sencilla (Fig. 5), reducida a dos epidermis de paredes delicadas y sin cutícula, que albergan un mesófilo muy simplificado constituido por algunas células grandes, incoloras y de paredes finas -parénquima acuífero- en el que se intercala a trechos algún haz vascular y alguna esclereida; el parénquima del mesófilo se deteriora pronto, por lo que entre las dos epidermis aparecen grandes espacios vacíos.

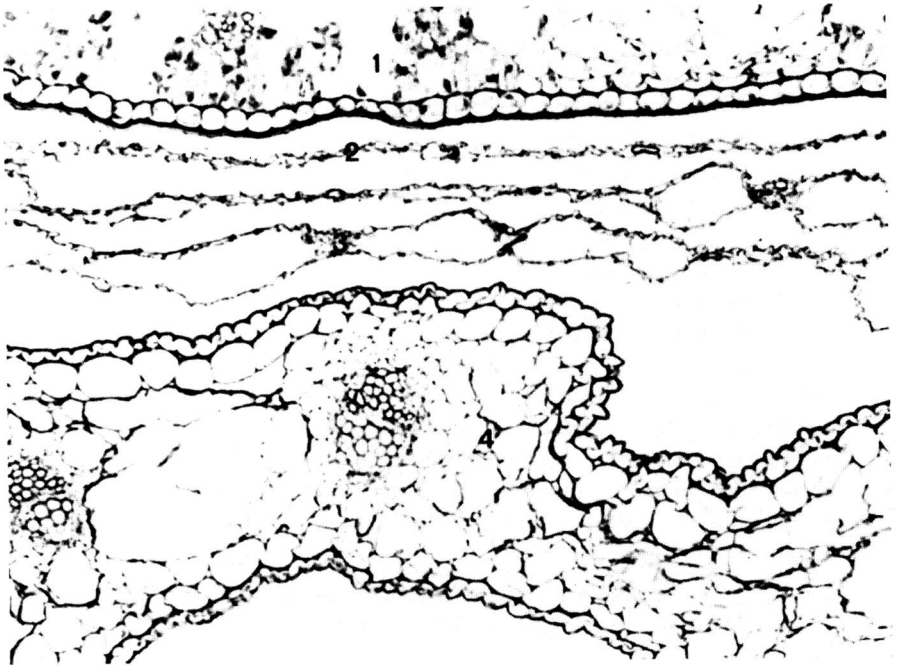


Fig. 5.- Micrografía de brácteas y bracteolas: 1. Nomófilo; 2. Brácteas; 3. Bracteolas; 4. Tubo del perigonio. (x 100).

Comentamos a continuación la relación función-forma para los tres tipos de hojas del azafrán. Respecto a los catáfilos: 1º, la parte basal o vaina cónica protege al brote que los produce tanto mientras éste es una yema en estado de reposo, como mientras se activa, crece, se carga de reservas y pasa de nuevo al estado de vida latente como bulbo hijo en reposo, rodeado de la viejura; dicha viejura protege al bulbo en el suelo, tanto en reposo como en brotación o en engorde, de los excesos de temperatura así como de una desecación o una humectación excesivas; 2º, la parte distal o vaina cilíndrica prepara y protege la salida de los nomófilos y de las flores a la superficie, gracias a la turgencia de sus tejidos acuíferos; además, constituye una reserva de agua que pasa a los nomófilos a medida que estos crecen en longitud, mientras que los catáfilos van perdiendo vitalidad y se apergaminan.

Respecto a los nomófilos, único órgano vegetativo que la planta expone a la luz y a las inclemencias del invierno y primavera continentales, sus funciones son de fotosíntesis, intercambio gaseoso y reserva de agua, siendo capaz de realizar esas funciones incluso a temperaturas extremas, y/o con escasez de agua y/o con exceso de luz. Y ello porque la hoja del azafrán tiene el envés invaginado y protegido en las cavidades que se abren al fondo de las hendiduras, mientras que al exterior sólo expone o bien zonas clorofilicas de parénquima en empalizada -cara inferior del limbo y cordones longitudinales en los bordes de la cara superior-, o bien parénquima y epidermis múltiple de la cara superior -tejidos acuíferos incoloros que reflejan el exceso de luz-. Los cordones de colénquima, la recia pared externa y la cutícula de las células epiteliales defienden a la hoja tanto de las temperaturas extremas como de la escasez de agua; por otra parte, el tener la mayor parte del parénquima clorofílico en el envés, asegura una correcta fotosíntesis a pesar de la excesiva insolación invernal; por último, las cavidades longitudinales que recorren la cara inferior de la hoja, cuyo contacto con el exterior es regulado por las hendiduras de bordes encajables, suponen una reserva de aire caliente durante las heladas y fresco durante las insoiaciones, es decir, un regulador térmico que favorece tanto el intercambio gaseoso con los tejidos clorofílicos como el ahorro de agua, al evitar pérdidas por transpiración. El tejido acuífero de la cara superior, además de reflejar excesos lumínicos, atenúa las irregularidades pluviométricas estacionales interanuales.

Respecto a las brácteas, constituyen un estuche protector de la flor en desarrollo debido a su turgencia, de modo que conducen a la flor o flores en crecimiento por el interior de los nomófilos hasta el ápice distal del tubo de los catáfilos en la superficie del suelo; a partir de ahí, pierden su turgencia al tiempo que la flor alarga el tubo y expande los tépalos de su perigonio.

La hoja en esta planta de tallo subterráneo tiene múltiples funciones: desde la protección de las yemas en reposo, pasando por la brotación -catáfilos-, hasta la



fotosíntesis y el intercambio gaseoso -nomófilos-, sin olvidar la protección a las flores en desarrollo -brácteas y bracteolas-. Para la realización de todas estas funciones la hoja del azafrán, catáfilos, nomófilos, hipsófilos, está altamente especializada tanto morfológicamente, como histológicamente. Llama especialmente la atención la parte distal de los nomófilos, constituida por dos unidades funcional-morfológicas de fotosíntesis e intercambio gaseoso, en torno a cada una de las cavidades longitudinales del limbo, ligadas por una unidad tisular de reserva de agua -defensa frente a la aleatoriedad de las precipitaciones-, y todo ello protegido mecánicamente y frente a las temperaturas extremas por los cordones de colénquima, así como por las gruesas paredes epidérmicas exteriores cubiertas por cutícula. Y es que toda la actividad de la planta del azafrán: brotación, floración y reposición de los bulbos depende, en último término, de la energía captada en la fotosíntesis foliar de los nomófilos, durante un periodo climático tan inusual, desfavorable y corto como es el invierno y primera parte de la primavera mediterráneo-continental.

BIBLIOGRAFÍA

- JENSEN, W. A. (1962) *Botanical histochemistry*. Freeman & compani (eds.) San Francisco & London.
- LÓPEZ, F. N. (1989) *Estudio histológico de Crocus sativus L.* Tesis de Licenciatura. Universidad de Navarra. Pamplona.(inédito).
- OROMÍ, M. J. (1992) *Biología de Crocus sativus L. y factores agro-climáticos que inciden en el rendimiento y época de floración de su cultivo en la Mancha.* Tesis Doctoral. Universidad de Navarra. Pamplona. (inédito).

