

SOBRE LA PROPIEDAD HIGROSCOPICA DE *ASTRAEUS* (ASTRAEACEAE) Y *GEASTRUM* (GEASTRACEAE).

Por E.M. CRESPO¹ y L. DOMINGUEZ DE TOLEDO²

Summary *The hygroscopic property of Astraeus (Astraeaceae) and Geastrum (Greastraceae). Studies to determine the exoperidial layer responsible for the bending or rolling towards the endoperidial body upon drying, and expanding again when wetted (hygroscopic property) in some species of Geastrum and Astraeus have been performed. The microscopic characteristics were correlated with a practical experience and it can be stated that the pseudoparenchymatic layer is responsible for the ray movement in Geastrum, and the palisade layer in Astraeus.*

INTRODUCCION

Hasta el momento no se han realizado estudios conducentes a esclarecer los mecanismos responsables del carácter higroscópico que presentan *Astraeus hygrometricus* y algunas especies de *Geastrum*.

En los gastrocarpos inmaduros de estos géneros, el exoperidio encierra en su totalidad al endoperidio, el cual contiene a la gleba. Al madurar el cuerpo de fructificación, el exoperidio se abre desde el ápice hacia la base en un número variable de rayos esteliformes, dejando así expuesto al saco esporífero. Estos rayos permanecen en la base, involutos o revolutos, según posean o no, respectivamente, propiedades higroscópicas y según las condiciones de humedad del medio. Son higroscópicos, aquéllos en los que los rayos se abren al hidratarse en un ambiente húmedo y al deshidratarse se curvan cubriendo totalmente al saco esporífero; son subhigroscópicos aquéllos en donde los rayos no experimentan grandes movimientos frente a los cambios de humedad y apenas se mueven, no cubriendo el saco esporífero cuando se doblan al secarse (DÖRFELT, 1985). Son ahigroscópicos aquéllos en los que no se verifica ningún tipo de movimiento de los rayos, es decir, que éstos permanecen inmóviles en las distintas condiciones de humedad ambiental.

En relación con la función que cumplen las distintas capas que constituyen el exoperidio, Lohwag

(1938) y Fricke y Handke (1961) sostienen que en *Geastrum*, la dehiscencia de los gastrocarpos se produce a través de líneas preestablecidas en el exoperidio, mediante la hidratación de las células de la capa pseudoparenquimática, mientras que la capa fibrosa actúa como de resistencia.

En cuanto al mecanismo responsable del movimiento de los rayos una vez producida la dehiscencia, Lohwag (1938) sostiene que en *Geastrum* la capa fibrosa es la activa y que las hifas que la componen, se alargan al hidratarse y se acortan al deshidratarse, ocasionando el correspondiente despliegue y curvamiento de los rayos, mientras que la capa pseudoparenquimática, directa o indirectamente, funciona como capa de resistencia.

En el caso de *Astraeus*, Gäuman (1928) considera a la capa en empalizada como la principal responsable de este movimiento. Sostiene que, debido a la hidratación de sus células, se produce la expansión de los rayos y que la deshidratación de aquéllas, ocasiona la curvatura de los mismos.

Este trabajo tiene como objetivo esclarecer, en las especies higroscópicas, el mecanismo responsable del movimiento de los rayos después de la dehiscencia.

MATERIAL Y METODO

Los materiales estudiados pertenecen a los siguientes herbarios: CORD, BAFC y FH.

Materiales estudiados

Astraeus hygrometricus (Pers.) Morg.

JAPON: Sin. loc., Col. Envirous y Jokoske s/n, Herbario Patouillard. (FH).

¹ Cátedra de Diversidad Vegetal I, Fac. Cs. Ex. Fis. y Nat. Universidad Nacional de Córdoba.

² Profesor Adjunto, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV). C.C. 495. 5000 Córdoba.

ESPAÑA: Madrid: El Pardo, 12-III-1983, Leg. Moreno, Manjón y M.C. Díaz, EX AH 11705. "En encinar" (BAFC).

Geastrum recolligens (Sow.) Desv.

ARGENTINA. Prov. Córdoba: Dpto. Punilla: Icho Cruz, II-87, L. Domínguez 623 (CORD). Dpto. Río Segundo: Pilar, 31-X-1952, R. Subils s/n. (CORD 26), 31-X-1952, Subils s/n. (CORD 514).

Geastrum floriforme (Vitt.) Cunn.

ARGENTINA. Prov. Córdoba: Dpto. Río Cuarto: La Cautiva, X-1958, L. de Miguel s/n. (BAFC 31472).

En *Geastrum* existen varias especies higroscópicas, pero en este trabajo se estudiaron sólo dos de ellas.

Se realizó una experiencia para determinar, macroscópicamente, cuál es la capa responsable del movimiento de los rayos. Dicha experiencia se llevó a cabo de la siguiente manera. Se hidrataron los ejemplares colocándolos en una cámara húmeda para observar el comportamiento de los rayos; una vez hidratados, se procedió a eliminar, raspando con un bisturí, la capa pseudoparenquimática en *Geastrum* y las capas en empalizada y blanda en *Astraeus*. Esta última capa también fue eliminada, debido a que en la madurez se colapsan sus células, desprendiéndose en forma parcial o total y en consecuencia se pensó que no cumplía función alguna en el movimiento de los rayos. Luego se colocaron los materiales en estufa, para observar el comportamiento de los rayos.

Como complemento de esta experiencia, se practicaron cortes microscópicos en material seco de los rayos del exoperidio, tanto en sentido radial como transversal; luego de medir el tamaño celular, longitud y espesor de las distintas capas, se hidrataron los mismos con KOH al 5% y se efectuaron las correspondientes mediciones. Este procedimiento se llevó a cabo con la finalidad de determinar, microscópicamente, cuál de las capas del exoperidio es susceptible de hidratarse y en qué sentido lo hacía (longitud o espesor).

Los cortes practicados en materiales secos fueron montados en glicerina líquida para evitar la hidratación de los tejidos, mientras que aquéllos que fueron hidratados, se montaron en azul de algodón al lactofenol o bien en una solución acuosa de floxina e KOH al 5%.

El análisis de todos los materiales comprendió estudios macroscópicos y microscópico-morfológicos, con el auxilio de binoculares estereoscópicos y microscopio fotónico respectivamente.

En la descripción de las características histológicas del exoperidio, las medidas de las células corresponden al material hidratado.

OBSERVACIONES Y RESULTADOS

A. Características histológicas generales del exoperidio.

A continuación se describe la histología de las distintas capas que constituyen el exoperidio de *Geastrum* y *Astraeus*.

En *Geastrum* el exoperidio es una estructura formada por tres capas: (1) la capa micelial o externa; (2) la fibrosa o capa media y (3) la capa pseudoparenquimática o interna.

1) *Capa micelial*. Está compuesta por hifas largas, delgadas de 1 a 3 μm de diámetro, laxamente dispuestas, que, en general, se desprenden en la madurez del gastrocarpo.

2) *Capa fibrosa*. Está formada por hifas largas, no ramificadas, excepcionalmente septadas, cuyos ejes mayores, se orientan radialmente. Todo el tejido es firme y membranoso y en los ejemplares sub y ahigroscópicos que son viejos o están erosionados, es la única capa del exoperidio que se conserva.

3) *Capa pseudoparenquimática*. Esta capa interna, cuando recién expandida es blanda y gruesa, pero una vez expuesta se contrae considerablemente, permaneciendo intacta en las especies higroscópicas o desprendiéndose en forma parcial o total, en las especies sub- y ahigroscópicas respectivamente. Las células de esta capa varían en su morfología, tamaño y grosor de pared, según se trate de especies higroscópicas, subhigroscópicas o ahigroscópicas.

En *Astraeus* el exoperidio consta, de afuera hacia adentro, de cuatro capas:

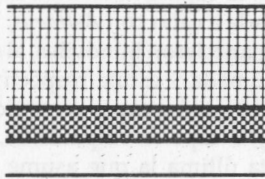
1) *capa externa*: muy delgada, velluda, compuesta por hifas delicadas, laxamente entretrejidas (Coker & Couch, 1928), las que en la madurez del gastrocarpo se colapsan.

2) *capa fibrosa*: de alrededor de 1 mm de espesor, parda hacia la superficie y blanca hacia adentro. Está constituida por hifas largas y gruesas que forman un plecténquima epidermoide hacia adentro y hacia afuera corren en su mayoría paralelas entre sí, en el sentido de los rayos, mientras que otras se disponen perpendiculares a éstas, paralelas a la superficie.

3) *capa en empalizada*: muy delgada en los botones inmaturos (Coker & Couch, 1928) pero en la madurez se engrosa hasta alcanzar de 0,5 a 0,7 mm; es translúcida y netamente contrastante con las otras capas. Formada por hifas gruesas, poco tabicadas, contiguas, de disposición perpendicular a la superficie.

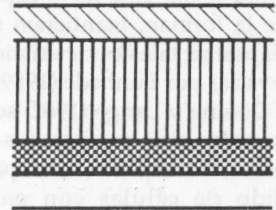
4) *capa blanda*: de color blanco puro, siendo la más gruesa de todas, de 1,5 a 1,8 mm de espesor, se

Diagrama del exoperidio



pseudoparenquimática
fibrosa
micelial

Geastrum



blanda
empalizada
fibrosa
externa

Astraeus

abre en el medio en la madurez del gastrocarpo (Coker & Couch, 1928) y se colapsa formando una capa delgada, como una costra en la parte interna de los rayos y una capa aterciopelada, irregularmente reticulada, sobre la superficie del saco esporífero.

B. Características histológicas particulares del exoperidio

Astraeus hygrometricus. *Capa externa*: cuando hidratada mide 20,3-36,5 μm de espesor y seca 12,1-20,3 μm , formada por hifas que se colapsan. *Capa fibrosa*: cuando hidratada mide 880-920 μm de espesor y seca 600-760 μm ; formada por hifas de 4,83-8,05 μm de diámetro con paredes de hasta 2,15-3,22 μm de espesor. *Capa en empalizada*: cuando hidratada mide 480-520 μm de espesor y seca 400-440 μm ; formada por hifas de 8,05-12,8 μm de diámetro con paredes de hasta 3,22-5,58 μm de espesor. *Capa blanda*: cuando hidratada mide 80-160 μm de espesor y seca 40-80 μm formada por hifas que se colapsan.

Geastrum floriforme. *Capa micelial*: cuando hidratada mide 32-96 μm de espesor y seca 48-80 μm ; formada por hifas compactas, entrelazadas. *Capa fibrosa*: cuando hidratada mide 160-240 μm de espesor y seca 160-208 μm ; formada por hifas largas de 3,22 μm de diámetro, con paredes de hasta 0,8 μm de espesor. *Capa pseudoparenquimática*: cuando hidratada mide 960-1200 (1540) μm de espesor y seca 608-720 μm ; formada por células globosas, de 8,12-20,3 x 12,1-24,3 μm , con paredes de hasta 1,61 μm de espesor.

Geastrum recolligens. *Capa micelial*: cuando hidratada mide 93,83 - 182,7 μm de espesor y seca 20,3 - 121,8 μm ; formada por hifas de 1,61 μm de diámetro. *Capa fibrosa*: cuando hidratada mide 73.-101,5 μm de espesor y seca 32,5 - 85,2 μm ; formada

por hijas de 2,41 - 3,22 μm de diámetro con paredes de hasta 1,61 μm de espesor. *Capa pseudoparenquimática*: cuando hidratada mide 840 - 1080 μm de espesor y seca 259,8 - 576 μm ; formada por células de 8,12 - 16,2 x 12,1 - 28,4 μm , con paredes de hasta 1,61 μm de espesor.

En los cortes microscópicos del exoperidio practicados en materiales secos, los cuales, luego de las correspondientes mediciones fueron hidratados, se observó que en *G. floriforme* y *G. recolligens* sólo las células de la capa pseudoparenquimática se hidrataron considerablemente aumentando de tamaño, mientras que en *astraeus hygrometricus* lo hicieron las células de la capa en empalizada. El resto de las células o hifas también se hidrataron, pero de manera poco significativa.

C. Observaciones sobre el comportamiento de los rayos del exoperidio.

En la experiencia que se realizó colocando las especies higroscópicas en cámara húmeda y estufa, después de diseccionar la capa pseudoparenquimática en *Geastrum* y las capas en empalizada y blanda en *Astraeus*, se obtuvieron los siguientes resultados: *G. recolligens* y *G. floriforme* abrieron sus rayos al ser colocados en cámara húmeda, y al ser llevados a estufa, éstos permanecieron extendidos, no registrándose ningún tipo de movimientos. En el caso de *Astraeus hygrometricus*, los rayos tuvieron un comportamiento similar, es decir, se abrieron al humedecerse y permanecieron inmóviles al ser colocados en estufa.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En los materiales estudiados se observó que entre las especies higroscópicas de *Geastrum*, no existen diferencias histológicas significativas relativas

al exoperidio. Las capas fibrosa y micelial son semejantes y la capa pseudoparenquimática, permanece intacta o apenas se raja o agrieta en la madurez del gastrocarpo; dicha capa nunca se desprende o separa totalmente de la capa fibrosa, y las células que la forman, mantienen su individualidad, sin colapsarse; tales características también fueron observadas por Sunhede (1989).

Dissing y Lange (1962) sostienen que probablemente las hifas con paredes engrosadas de la capa fibrosa, de disposición subparalela en los rayos y el tejido de células con paredes gruesas (capa pseudoparenquimática) expliquen la particularidad higroscópica de *G. recolligens* y que, en las especies no higroscópicas, las hifas de la capa fibrosa están irregularmente entretrejidas y las células de la capa pseudoparenquimática presentan paredes delgadas y son pequeñas.

De acuerdo con lo observado (Crespo, 1992), se puede decir que, en cuanto a la disposición de las hifas, éstas se orientan radialmente y su disposición es paralela a subparalela, no existiendo diferencias significativas entre las especies que presentan propiedades higroscópicas diferentes. En consecuencia, se puede sostener que la disposición de las hifas de la capa fibrosa, no es un factor determinante en el movimiento de los rayos.

En lo referente al tamaño y grosor de las paredes de las células de la capa pseudoparenquimática, se coincide con los autores antes mencionados en cuanto al grosor de las paredes, es decir, que en las especies higroscópicas las células de esta capa presentan paredes más gruesas que las especies subhigroscópicas e higroscópicas. Con respecto al tamaño celular se observó lo opuesto a lo mencionado por Dissing y Lange (1962), ya que las especies higroscópicas poseen células de menor tamaño que las especies no higroscópicas (Sunhede, 1989).

De acuerdo con lo observado macroscópicamente en la experiencia de hidratación y desecación, una vez disecadas la capa pseudoparenquimática en *Gastrum* y las capas en empalizada y blanda en *Astraeus*, se puede decir que en *G. recolligens* y *G. floriforme* la capa pseudoparenquimática es determinante del movimiento de los rayos, debido a que en su ausencia, éstos no experimentaron movimiento alguno en las diferentes condiciones de humedad ambiental. Estas observaciones se oponen a lo sostenido por Lohwag (1938), quien le asigna a la capa pseudoparenquimática un papel secundario y considera a la capa fibrosa como la principal responsable en el movimiento de los rayos. Sostiene que esta capa, al hidratarse, experimenta un alargamiento en sentido radial produciendo el despliegue de los rayos.

Esto no es lo que sucede en la realidad, ya que tanto en las mediciones de las capas practicadas en los cortes microscópicos secos, como en la experiencia realizada en cámara húmeda, no se observó un aumento en longitud de la capa en cuestión. En la misma experiencia llevada a cabo con *Astraeus*, los rayos se abrieron y permanecieron inmóviles, al ser colocados en cámara húmeda y estufa respectivamente. En este caso, en el que las capas removidas fueron la capa blanda y la capa en empalizada, se puede decir que es esta última la que asume un papel protagónico en el movimiento de los rayos, ya que en su ausencia, los rayos no experimentan ningún movimiento en las diferentes condiciones de humedad ambiental. Esto convalida lo sostenido por Gäumann (1928), quien considera que es la capa en empalizada la responsable de dicho movimiento.

Es de destacar que ninguno de estos autores mencionan experiencias que les permitieran comprobar lo que sostienen y hacen las inferencias, quizás, con base en especulaciones o interpretaciones personales.

Mediante los cortes microscópicos de exoperidio practicados en materiales secos, que luego de las correspondientes mediciones fueron hidratados, se observó que en las especies higroscópicas de *Gastrum*, sólo las células de la capa pseudoparenquimática se hidrataron considerablemente, mientras que en *Astraeus* lo hicieron las células de la capa en empalizada. Estas consideraciones reafirman lo anteriormente observado en la experiencia en cámara húmeda.

Si se compara el exoperidio de las especies higroscópicas estudiadas, se puede decir que la capa pseudoparenquimática de *Gastrum* es una estructura análoga a la capa en empalizada de *Astraeus*, asumiendo éstas un papel esencial en el movimiento de los rayos. Las células que forman estas capas, son las que se hidratan y deshidratan considerablemente, ocasionando el correspondiente despliegue y curvamiento de los rayos. La capa fibrosa en *Gastrum* y la capa fibrosa en *Astraeus*, actuarían en forma pasiva, sirviendo de asiento a las capas anteriormente mencionadas.

BIBLIOGRAFIA

- COKER, W.C. & J.N. COUCH. 1928. The Gasteromycetes of Eastern United States and Canada. *Biblioth. Mycol.* 19, I-IX: 1 201, pl. 1-123. J. Cramer. Berlin.
- CRESPO, E.M. 1992. Estudio morfológico comparado del exoperidio de los géneros monotípicos *Astraeus*, *Myriostoma* y algunas especies del género *Gastrum* (Gasteromycetes-Basidiomycotina). *Univ. Nac. de Córdoba*. Inédito.

- CUNNINGHAM, G.H. 1942. The Gasteromycetes of Australia and New Zealand. *Biblioth. Mycol.* 67, I-XV: 1-236, pl. 1-37.
- DISSING & LANGE. 1962. Gasteromycetes of the Congo. *Bull. Jard. Bot. Brux*; 32: 325-416.
- DOMINGUEZ DE TOLEDO, L.S. 1989. Contribución al conocimiento de los Gasteromycetes del Centro de Argentina. Tesis doctoral: 1-262, *Univ. Nac. de Córdoba*. Inédito.
- DÖRFELT, H. 1985. *Die Erdesterne: Geastraceae u Astraeaceae*. pp. 180 s: 71. Wittenberg Lutherstad. Ziemsen.
- DRING, D.M. 1973. Gasteromycetes in AINSWORTH, G.C., F.K. SPARROW & A.S. SUSSMAN (Ed.). *The Fungi: Advanced Treatise*. IV (B): 451-478. Academic Press, Inc. (London) Ltd.
- FRICKE, S. & H.H. HANDKE (1961): Untersuchungen zur Öffnungsweise der Geastraceen-Fruchtkörper. *Z. Pilzk.* 27, s.113-122.
- GÄUMANN, E.A. 1928. *Comparative morphology of fungi*. I-XIV: 1-700. Mc Graw Hill. N.Y.
- LOHWAG, H. 1938. Öffnungsmechanik von Geastraceen und *Astraeus*. *Lilloa* 3: 211-232.
- SUNHEDE, S. 1989. *Geastraceae (Basidiomycotina)*. 1-535. *Fungiflora A/S*. Norway.