

SEGUIMIENTO DEL CICLO DE VIDA DE *WOODSIA MOLLIS* (KAULF.) J. SM. (ATHYRIACEAE-PTERIDOPHYTA) EN TRES SUSTRATOS NATURALES***Janet Vivero-Barón, María de la Luz Arreguín-Sánchez**, David Leonor Quiroz-García**, Rafael Fernández-Nava** y Salvador Acosta-Castellanos*****Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Plan de Ayala y Carpio, Colonia Santo Tomás, México DF, 11340.***RESUMEN**

Se describe el ciclo de vida de *Woodsia mollis* (Kaulf.) J. Sm. Los especímenes fueron colectados en un bosque mesófilo de montaña al Sur de Coajomulco, Municipio de Huitzilac, Estado de Morelos, México. Las esporas fueron sembradas en frascos de vidrio en tres medios de cultivo (tierra de hoja, maquique y musgo). El ciclo fue isospórico con desarrollo del protalo tipo *Drynaria*. En la fase cordada se apreciaron gametofitos cordados y cordados-circulares, los anteridios se formaron a los 99 días en maquique, a los 130 días en musgo y en tierra de hoja no se presentaron. Los arquegonios se desarrollaron a los 81 días en musgo, 153 días en maquique y a los 185 días en tierra de hoja. Los esporofitos jóvenes se obtuvieron exclusivamente en musgo, a los 296 días y parecen requerir de este sustrato. Estudios anteriores de algunas especies del género *Woodsia* mencionan la importancia de la presencia de calcio para el desarrollo de las especies de este género, y se sabe que los musgos generalmente retienen carbonato de calcio, lo cual podría

explicar el mejor desarrollo obtenido en este sustrato.

Palabras clave: ciclo de vida, *Woodsia mollis*, desarrollo del gametofito y esporofito, cultivo en musgo.

ABSTRACT

The *Woodsia mollis* life cycle (Kaulf.) J. Sm. is described. The specimens were collected at a montane rain forest from Coajomulco, Huitzilac municipality, Morelos state, México. Their spores were sown in small glass containers with three natural substrates (plant litter, maquique and moss). The cycle was typically isosporic with *Drynaria* type prothallial development. The gametophytes were cordate and circular-cordate; the antheridia were obtained in maquique substrate since 99 days, and starting from 130 days in moss media, but in plant litter they were not developed. Archegonia were obtained in moss substrate since 81 days, 153 days in maquique and 185 days in plant litter. Young sporophytes were obtained exclusively in moss substrate since 296

*Proyecto apoyado por la Dirección de Estudios de Posgrado del Instituto Politécnico Nacional, clave 20090243.

***Becarios de COFAA.*

days. It appears that this species needs a specific substrate and in this experiment the moss media was the best. Previous papers cited the importance of calcium for the development of some *Woodsia* species and it is known that mosses generally retain calcium carbonate.

Key words: life cycle, *Woodsia mollis*, gametophyte and sporophyte development, moss culture.

INTRODUCCIÓN

Las pteridofitas son plantas vasculares con raíces, tallos y hojas de tipo micrófilo y megáfilo, el cilindro central del tallo generalmente forma lagunas foliares; el gametofito y el esporofito son independientes uno del otro en la madurez, el gametofito es pequeño e inconspicuo, los esporangios son numerosos y nacen en las hojas o en apéndices modificados de las mismas (Cronquist, 1992). Se considera que a nivel mundial existen alrededor de 10 000 especies y en México 1 080 taxa. Estas plantas se encuentran en diferentes regiones con varios tipos de vegetación en altitudes desde los 0 a 5 500 m.s.n.m. teniendo su máxima concentración en los lugares tropicales y en bosques mesófilos de montaña (Mickel y Smith, 2004). Conocer el ciclo biológico de estos organismos nos permite tener los conocimientos necesarios para su manejo, ya sea para que se cultiven con fines comerciales o para la preservación de aquellas especies en peligro de extinción, además de aportar datos que pueden ser empleados en estudios taxonómicos.

Basados en el criterio de agrupación de Mickel y Smith (*op. cit.*), las pteridofitas presentan tres tipos de ciclos de vida: el

ciclo isospórico, el ciclo heterospórico y el ciclo tipo *Equisetum*. Las esporas de los helechos son estructuras microscópicas unicelulares, cuyas dimensiones van desde menos de 25 a más de 100 μm . La viabilidad de éstas es un factor básico para un exitoso establecimiento de los helechos en un nuevo hábitat después de la dispersión. De acuerdo a Nayar y Kaur (1968) las esporas presentan cuatro tipos de germinación: tipo *Osmunda*, tipo *Vittaria*, tipo *Anemia* y tipo *Hymenophyllum*. La formación posterior del gametofito se realiza de diferentes formas en las pteridofitas isospóreas según lo señala Nayar y Kaur (1969) mencionando los tipos: *Ceratopteris*, *Kaulinia*, *Marattia*, *Osmundia*, *Aspidium*, *Adiantum* y *Drynaria*. La formación de los gametangios (anteridios y arquegonios) se realiza a partir de alguna de las células del prótalo que comienza a diferenciarse (Rodríguez-Ríos, 1973).

El género *Woodsia* comprende unas 35 especies en América. En México se distribuyen ocho de ellas siendo *W. mollis* la de más amplia distribución. No se han registrado antecedentes de estudios de las fases reproductivas de *W. mollis*, motivo por el cual se realizó el presente trabajo como una aportación para describir los eventos ocurridos en el ciclo biológico de esta especie y comparar el desarrollo de cada una de ellos en tres sustratos diferentes como son: tierra de hoja, musgo y maquiue (nombre con el tradicionalmente se le denomina al tallo de los helechos arborescentes) y así también contribuir con información para su posible cultivo comercial.

ANTECEDENTES

Con respecto a los trabajos realizados para el género *Woodsia* se encuentra la monografía

realizada por Brown en 1964 en la cual describe las características morfológicas de los componentes del taxón, aspectos taxonómicos, genéticos y de distribución. Bryan y O'Kelly (1967) realizaron el cultivo de *Woodsia obtusa* (Sprengel) Torrey con el propósito de verificar si el calcio puede ser sustituido por el estroncio en el desarrollo de esta especie, observando que el estroncio puede suplir al calcio durante la fase vegetativa y permite el desarrollo de gametangios, finalmente concluyen que no es posible obtener esporofitos sin un mínimo de 2.5 mg de calcio, este trabajo no describió las fases del ciclo vital del taxón. Watson y Vázquez (1981) estudiaron la microecología de gametofitos y esporofitos de *Woodsia scopulina* D.C. Eaton en hábitats xerofíticos de Bigfork, Montana, Estados Unidos de América donde observaron que los gametofitos no toleran grandes cantidades de luz mientras que el esporofito vive en zonas de alta intensidad luminosa.

Además, apreciaron que las capacidades competitivas del helecho varían entre las fases gametofíticas y esporofíticas, ya que el gametofito no puede vivir asociado a otras plantas, en contraste con el esporofito que vive asociado a varias especies de musgos para evitar la desecación, por lo que concluyen que los requerimientos ecológicos no son los mismos a lo largo de la historia de vida de los helechos y establecen que los microhábitats contienen los factores bióticos y abióticos para el sustento de las poblaciones de esta especie.

Moran (1995) y Smith *et al.* (2006) refieren que el género *Woodsia* pertenece a la familia Woodsiaceae, aunque otros autores la incluyen en Athyraceae como Mickel y Smith (2004). Estos últimos autores indican

que el género cuenta con 35 especies, ocho de ellas prosperan en México siendo la especie de más amplia distribución *Woodsia mollis* que se localiza en México, Guatemala, El Salvador y Nicaragua entre los 800 a 3 100 m.s.n.m., encontrándose en la República Mexicana en las entidades federativas de Aguascalientes, Chihuahua, Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Según estos autores en el noreste del país comprende un complejo con un alto potencial de hibridación y refieren que las especies de *Woodsia* mexicanas son un grupo que necesitan de un estudio biosistemático especialmente el complejo *W. mollis* debido a las diversas formas que presentan sus indusios y a la cantidad y las variaciones que presentan los tricomas de la lámina. También consideran que un carácter fundamental para discernir entre las especies de este género son las formas, divisiones, tamaño e indumento de los indusios.

MATERIAL Y MÉTODOS

La especie estudiada fue colectada a: 0.5 km al SE de Coajomulco, municipio de Huitzilac, estado de Morelos, a 2 400 m.s.n.m. (19°01'43" N y 99°12'00" W), en bosque mesófilo de montaña el 16-VIII-2007. Colectada por J. Vivero Barón 86 y depositada en el herbario (ENCB) (Fig. 2). Las esporas fueron sembradas con la técnica de Montoya-Casimiro *et al.* (2000), y los frascos germinadores fueron colocados en un invernadero cuya temperatura varió entre 20 a 23°C con luz natural y el fotoperiodo fue el propio de cada día. Las fotomicrografías se tomaron

en un microscopio esteroscópico marca *Stemi SV-11 Zeiss* con cámara digital *SONY DXC-151 A* (resolución 640 x 480 píxeles) y en un microscopio óptico *Zeiss Axiophot 1* con cámara digital *ZUS-47 DE*. El programa para procesarlas fue el *KS- 400 Zeiss*. Las diferentes etapas de los ciclos se ilustran con las fotomicrografías ordenadas conforme a las secuencias en que se presentaron. Las descripciones de cada una de ellas están de acuerdo con la secuencia de los eventos reproductivos. Se consideró gametofito joven cuando el talo aún no formaba la escotadura y gametofito cordado cuando el protalo ya desarrolló el meristemo que es el que le confiere básicamente la forma cordada. Las fases del ciclo se siguieron hasta que el esporofito alcanzó un tamaño de 5 cm de altura, que es cuando se trasplantaron a vasos de unicel y en ese momento se interrumpieron las observaciones.

RESULTADOS

Se observó el desarrollo completo del ciclo de vida de *Woodsia mollis* (Fig. 1) desde la germinación de la espora hasta el desarrollo del esporofito joven, las fotomicrografías que se muestran pertenecen al cultivo en musgo.

Esporas: son monoletes, ovadas de 46.4 a 54.8 μm de largo por 27.4 a 35.8 μm de ancho en vista proximal, la pared está formada por tres capas, la nexina de 1 μm de grosor, la sexina de 2 a 3 μm de espesor y la perina que es la capa más externa de 2 a 4 μm formada por pliegues y crestas y en cuya superficie se aprecia un patrón rugulado, la lesura mide 26.2 a 35.8 μm de largo por 1 a 2 μm de ancho.

Germinación: fue de tipo *Vittaria* descrita por Nayar y Kaur (1971) y se presentó a los 32 días en musgo, 54 en tierra de hoja y 63 en maquiue.

Fase filamentosa: Se observó a los 32 días en musgo, 54 días en tierra de hoja y 63 días en maquiue, el filamento mostró de 6 a 10 células con una longitud de 1.4 mm, se apreciaron restos de la espora, lo cual indica el desarrollo del gametofito exospórico.

Fase gametofítica joven: el desarrollo del prótalo corresponde al tipo *Drynaria* descrito por Nayar y Kaur (1969), tiene una longitud de 0.7 a 2.2 mm de largo y al inicio de esta fase se aprecian claramente los dos tricomas que son los que van a delimitar el meristemo que formará la escotadura del gametofito, los tricomas son unicelulares de 30 a 31.2 μm , esta fase la observamos a partir de los 65 días en todos los soportes.

Fase gametofito cordado: se apreciaron a partir de los 81 días en musgo y 99 días en tierra de hoja y maquiue, los protalos tuvieron un largo de 0.6 a 4 mm por 1 a 5 mm de ancho, es decir, más anchos que largos, con gran cantidad de rizoides y tricomas unicelulares marginales de 25 a 35 μm de longitud así como un cojinete central. Las formas de los gametofitos fueron la cordada y cordada-circular.

Anteridios: se observaron a los 99 días en maquiue, a los 130 en musgo y en tierra de hoja no se apreciaron, estos gametangios se encontraron en el margen de los prótalos, en la mitad inferior de los mismos. Estas estructuras midieron entre 29.5 a 44.3 μm de diámetro conteniendo de 14 a 28 anterozoides por cada anteridio.

Arquegonios: se detectaron a partir de los 81 días en musgo, 153 en maquique y 185 días en tierra de hoja, presentaban un largo de 50.6 a 130.8 μm por 37.9 a 71.7 μm de ancho con tres células que forman el canal del cuello además de la célula ventral y la ovocélula y éstos se encontraron en la mitad superior del prótalo cercanos a la escotadura y distribuidos a lo largo del cojinete.

Esporofito joven: solamente se obtuvo en musgo a los 296 días, el peciolo midió entre 0.8 a 1 cm de largo, la lámina flabelada con venación dicotómica, glabra con una longitud de 3 a 5 mm por 3 a 4 mm de ancho.

Los esporofitos (Fig. 2) de los cuales se tomaron las esporas para el seguimiento del ciclo de vida presentaron las siguientes características: rizoma horizontal ascendente, compacto, el cual presenta escamas lanceoladas bicoloras, ciliadas; frondes de 18 a 45 cm; peciolo de 2 a 8 cm de longitud 1/8 a 1/4 más corto que la lámina, amarillento, con escamas dispersas y tricomas catenados; láminas de 9 a 20 cm de largo por 2 a 7 cm de ancho, de contorno linear-elíptico, pinnada-pinnatífida, pinnas proximales notablemente reducidas; raquis amarillento con abundantes o escasos tricomas catenados, de 0.5 a 1 mm de largo; pinnas de 20 a 50 pares, marcadamente deltadas, lóbulos obtusos, márgenes enteros o ciliados con tricomas catenados laxos, blancos en ambas superficies, de 1 a 1.5 mm de longitud y otros tricomas cortos, extendidos, dorados, glandulares de 0.5 mm de largo que pueden estar presentes o ausentes; soros submarginales de 2 a 3 pares por segmento; indusio de 1 mm de diámetro, globoso con márgenes disectos, glabros o glandulares; esporangios con 32 esporas.

DISCUSIÓN

Con base en la tabla 1 que resume los resultados de este ciclo se pueden apreciar las variaciones que se observaron durante el desarrollo del ciclo de vida de *Woodsia mollis* en los tres sustratos, en el único que se completó el ciclo fue en musgo donde también se observó que el desarrollo fue más rápido en todas las fases del ciclo, primero se formaron los arquegonios a los 81 días y los anteridios a partir de los 130 días apareciendo ya ambos gametangios maduros después de los 130 días. El desarrollo de esta especie fue lento ya que el desarrollo de los primeros esporofitos se obtuvieron a partir de los 296 días.

En tierra de hoja y en maquique el ciclo se detuvo en la fase gametofítica. En maquique contrario a lo que sucedió en musgo, primero se formaron los anteridios a los 99 días y después los arquegonios a los 153 días, fecha en que también los anteridios se apreciaron en forma madura, sin embargo no hubo indicios de la formación de los esporofitos. En tierra de hoja la germinación de la espóra y la fase filamentosa se observaron días antes que en el maquique, no obstante el desarrollo del prótalo cordado se realizó en las mismas fechas no formándose anteridios sólo arquegonios, razón por lo cual no pudo concretarse el ciclo.

Por los resultados obtenidos en esta investigación podemos decir que para completar el ciclo, *W. mollis* requiere de un sustrato específico. En este caso el musgo fue el mejor y esto está acorde con lo mencionado por Watson y Vázquez (1981) quienes observaron que el desarrollo de *Woodsia scopulina* se asocia a diferentes especies

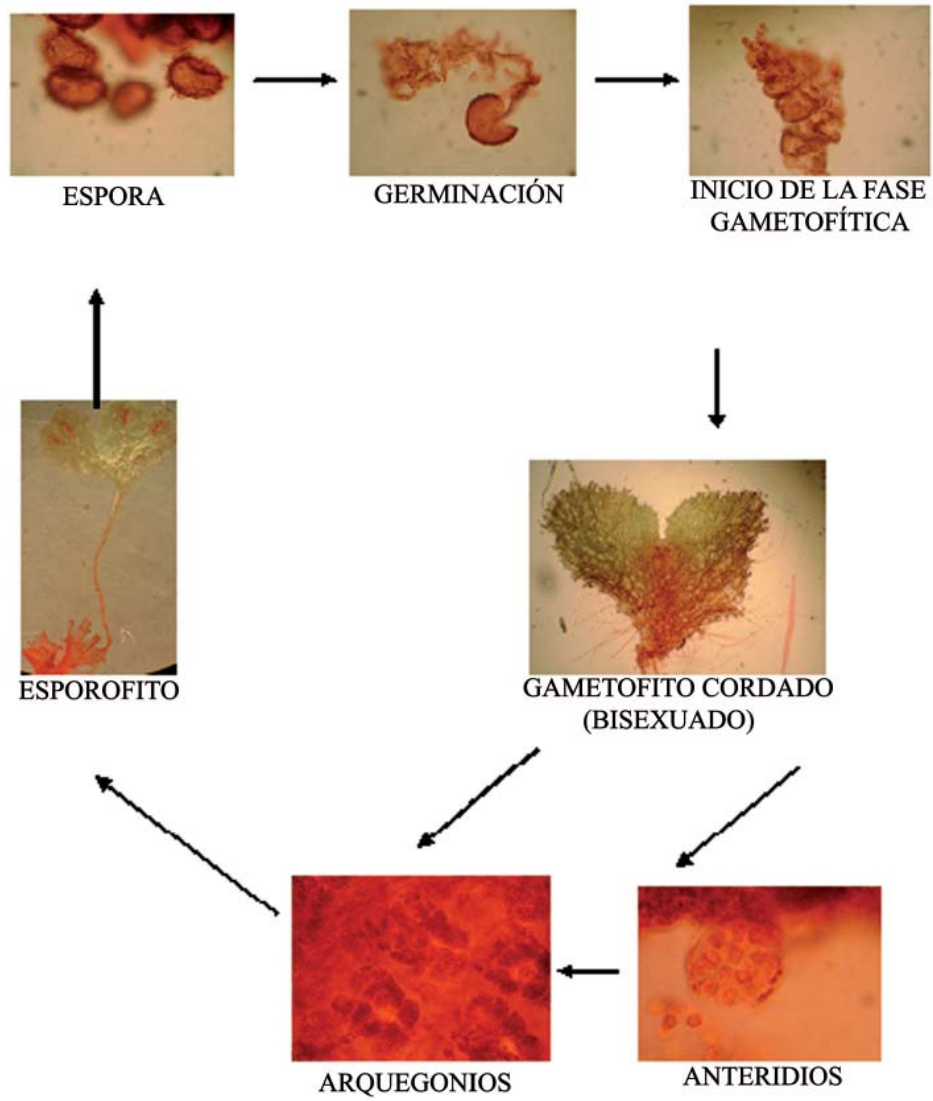


Fig. 1. Diferentes etapas del desarrollo de *Woodsia mollis* en musgo.



Fig. 2. Esporofito adulto de *Woodsia mollis*. La escala corresponde a 1 cm.

Tabla 1. Desarrollo de *Woodsia mollis* en los tres sustratos.

	Sustrato		
	Tierra de hoja	Musgo	Maquique
Germinación	54 días	32 días	63 días
Filamento	54 días	32 días	63 días
Gametofito	99 días	81 días	99 días
Anteridios	no se observó	130 días	99 días
Arquegonios	185 días	81 días	153 días
Esporofito	no se observó	296 días	no se observó

de musgos como *Brachythecium velutinum* (Hedw.) B.S.G., *Encalypta vulgaris* Hedw., *Dicranum scoparium* (L) Hedw., teniendo una fuerte preferencia por la primera briófito. Así también, indican que el microhábitat en que se desarrollan las “woodsias” es trascendental en la historia de vida de las especies y las propiedades del sustrato son importantes mencionando el pH, exposición de la luz solar, así como las asociaciones con otras plantas en cada fase de su vida. Según estos autores el desarrollo apropiado del esporofito requiere de la asociación con un musgo, ya que este evita la desecación de la raíz del helecho y le otorga agentes antimicóticos.

Bryan y O’Kelly (1967) mencionaron que es necesario un mínimo de 2.5 mg de calcio por litro de sustrato para que se pueda llevar a cabo el desarrollo del esporofito de *Woodsia obtusa*, destacan la importancia de la presencia de este elemento durante el ciclo de vida. No indican si una cantidad mayor de este elemento pudiera detener el desarrollo.

Otros trabajos como los de Wagner y Evers (1963), Farrar (1967), McAlpin y Farrar (1978) indican que los gametofitos alcanzan un área de distribución mayor que los esporofitos. Este hecho se pudo observar durante la presente investigación ya que se logró el desarrollo de los gametofitos en los tres soportes, sin embargo, en el único que se completó el ciclo de vida fue en musgo, debido quizás a que pudiera existir una relación entre el calcio y la formación de anteridiógenos que desencadenan la formación de esporofitos. De los trabajos antes citados y de los resultados de este estudio podemos inferir que es necesaria la presencia ya sea de un sustrato calcáreo o

de musgos que son plantas que retienen carbonato de calcio (www.briofitos.blogspot.com). Algunas especies de *Woodsia* requieren de este elemento, aunque no sabemos si este requerimiento pueda extenderse para el desarrollo de todas las especies del género, pero de ser así, recomendaríamos que en estudios posteriores con estas plantas se utilicen sustratos específicos de musgos y otros que carezcan de Ca^{2+} y observar que sucede con el tiempo de desarrollo de las distintas etapas del ciclo de vida de estos helechos.

CONCLUSIONES

El ciclo de vida de *Woodsia mollis* es de tipo isospórico, germinación tipo *Vittaria* y desarrollo del gametofito tipo *Drynaria*.

El único sustrato en donde se desarrolló el ciclo completo fue en musgo. En maquique y tierra de hoja se detuvo en la fase gametofítica.

Es la primera ocasión que se obtiene completo el ciclo de vida de *Woodsia mollis*, concluyendo que nuestra especie al igual que *W. obtusa* y *W. scopulina* requiere de un sustrato que contenga calcio para su desarrollo.

LITERATURA CITADA

- Brown, D.F.M., 1964. “A monographic study of the genus *Woodsia*”. *Nova Hedwigia*, **16**: 1-154.
- Bryan, A.L. y J.C. O’Kelly, 1967. “The influence of replacing calcium with strontium on the development of *Woodsia obtusa*”. *Amer. Fern J.*, **57**: 27-31.

- Cronquist, A., 1992. *Introducción a la Botánica*. Harper International. New York Estados Unidos. 880-885 pp.
- Farrar, D.R., 1967. "Gametophytes of four tropical fern genera reproducing independently of their sporophytes in the south Appalachians". *Science*, **155**: 1266-1267.
- Mickel, J.T. y A. R. Smith, 2004. "The Pteridophytes of México". *Mem. N.Y. Bot. Gard.*, **88**: 1-1054.
- McAlpin, B. and D.R. Farrar, 1978. "Trichomanes gametophytes in Massachusetts". *Amer. Fern J.*, **68**: 97-98.
- Montoya-Casimiro, M. del C., R. Álvarez-Varela, S. Pérez-Hernández y M. de la L. Arreguín-Sánchez, 2000. "Ciclos biológicos de *Blechnum occidentale* L. var. *occidentale* (Blechnaceae-Pteridophyta) y *Thelypteris resinifera* (Desv.) Proctor (Thelypteridaceae-Pteridophyta)". *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*, **46**(3): 317-339.
- Moran, R.C., 1995. Woodsiaceae. Moran, R.C. y R. Riba (eds.). "Psilotaceae a Salviniaceae" In: G. Davidse, M. Sousa S. y S. Knapp (eds. Grales). *Flora Mesoamericana*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma-Missouri Botanical Garden-The Natural History Museum (Londres), México DF, **1**: 227-228.
- Nayar, B.K. y R. Kaur, 1968. "Spore germination in homosporous fern". *J. Palynology*, **4**: 1-14.
- Nayar, B.K. y R. Kaur, 1969. "Types of prothalli development in homosporous fern". *Phytomorphology*, **19**: 179-188.
- Nayar, B.K. y S. Kaur, 1971. "Gametophytes of homosporous ferns". *Bot. Rev.*, **37**: 295-396.
- Rodríguez-Ríos, R., 1973. "Morfología de los protalos y esporofitos jóvenes de algunas especies chilenas de *Blechnum* (Polypodiaceae)". *Gayana Bot.*, **22**: 29-60.
- Smith, A.R., K.M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider y P.G. Wolf, 2006. "A classification for extant ferns". *Taxon*, **55**(3):705-731.
- Wagner, W.H. and R.A. Evers, 1963. "Sterile prothallial clones (*Trichomanes*?) locally abundant on Illinois sandstones". *Amer. J. Bot.*, **50**: 623.
- Watson, P.J. y M. Vázquez, 1981. "Comparative ecology of *Woodsia scopulina* sporophytes and gametophytes". *Amer. Fern J.*, **71**(1): 3-9.
- www.briofitos.blogspot.com

Recibido: 4 agosto 2011. Aceptado: 10 noviembre 2011.