



UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Facultade de Ciencias

Grao en Bioloxía

Memoria do Traballo de Fin de Grao

*Flora briofítica en un robledal Galaico-Asturiano.
Razones para la conservación de A Fraga (Muras-
Ourol, Lugo)*

*Flora briofítica dunha carballeira Galaico-Asturiana.
Razóns para a conservación da Fraga Gorda (Muras-
Ourol, Lugo)*

*Bryophytic flora in a common oak-dominated forest.
Reasons for conservation in A Fraga Gorda (Muras-
Ourol, Lugo)*

Ignacio Seoane Rebollo

Convocatoria: Junio / Curso 2019-2020

Director Académico: Manuel Pimentel Pereira

TRABALLO DE FIN DE GRAO

Manuel Pimentel Pereira autoriza a presentación do Traballo de Fin de Grao “*Flora Briofítica dunha Carballeira Galaico-Asturiana. Razóns para a conservación da Fraga Gorda (Muras-Ourol, Lugo)*” presentado por Ignacio Seoane Rebollo para a súa defensa ante o tribunal cualificador.

A Coruña, 23 de Xuño de 2020

Manuel Pimentel Pereira

Resumen

Los briófitos (Divisiones Marchantiophyta, Bryophyta y Anthocerotophyta) son un grupo funcional de vegetales terrestres de pequeño tamaño ligados a ambientes húmedos, cuando menos en parte de su ciclo vital. Los bosques septentrionales de Galicia, caracterizados por su elevada humedad ambiental y la oceanicidad del clima, constituyen un lugar óptimo para el desarrollo de los briófitos. El presente trabajo tiene como finalidad caracterizar la flora briofítica del valle del rego Tras Serra (Muras, Lugo) desde un punto de vista biogeográfico y taxonómico, centrándonos en aquellos ligados al cauce del río. Al mismo tiempo, también se comprobará la posible presencia en el valle de especies de valor para la conservación. Para ello, se realizó una selección de ambientes escogiendo tres localidades de muestreo que se corresponden con las zonas del curso alto, curso medio-alto y curso medio del Rego Tras da Serra. En cada una de estas localidades se realizó un inventario de la flora briofítica que incluye un total de 40 especies, 23 musgos y 17 hepáticas. Los resultados parecen indicar que el valle del Rego Tras da Serra constituye un importante punto de reunión de briófitos con afinidades biogeográficas muy diversas, predominando aquellas tropicales, boreales y polares, fruto de sus características ambientales e historia geológica. En relación con su estrategia de vida, en el curso alto del Rego Tras da Serra, donde la inestabilidad es mayor, predomina la estrategia colonizadora, mientras que el curso medio, más estable, presenta briófitos con un rango de estrategias más amplio, predominando la perenne. Desde el punto de vista conservacionista, de las 40 especies recolectadas, los musgos *Pseudotaxiphyllum laetevirens* (Koppe & Düll) Hedenäs. y *Sphagnum molle* Sull. y las hepáticas *Calypogeia neesiana* (Mass. & Carest.) K. Müll y *Telaranea europaea* J.J. Engel & G.L. Merr se encuentran amenazados bajo la categoría de vulnerable según el *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España*.

Palabras clave: afinidades biogeográficas, briófitos, conservación, estrategia vital, Rego Tras da Serra.

Resumo

Os briófitos (Divisións Marchantiophyta, Bryophyta e Anthocerotophyta) son un grupo funcional de vexetais terrestres de pequeno tamaño venciados a ambientes húmidos, polo menos en parte do seu ciclo vital. Os bosques setentrionais de Galicia, caracterizados pola súa elevada humidade ambiental e a oceanicidade do clima, constitúen un lugar óptimo para o seu desenvolvemento. O presente traballo ten como fin caracterizar a flora briofítica do val do Rego Tras da Serra (Muras, Lugo) dende un punto de vista bioxeográfico e taxonómico, centrándose naquelas especies ligadas ó cauce. Asemade, tamén se comprobará a posible presenza no val de especies de valor para a conservación. Por iso, realizouse unha selección de ambientes escollendo tres localidades de mostraxe que se corresponden coas zonas do curso alto, curso medio-alto e curso medio do Rego Tras da Serra. En cada unha destas localidades realizouse un inventario da flora briofítica que inclúe 40 especies, 23 musgos e 17 hepáticas. Os resultados parecen indicar que o val do Rego Tras da Serra constitúe un importante punto de reunión de briófitos con afinidades bioxeográficas moi diversas, predominando aquelas tropicais, boreais e polares, froito das súas características ambientais e historia xeolóxica. No canto á estratexia de vida das especies, no curso alto do Rego Tras da Serra, onde a inestabilidade é maior,

predomina a estratexia colonizadora, namentres que no curso medio, máis estable, encóntranse briófitos cun rango de estratexias máis amplo, predominando a perenne. Dende o punto de vista da conservación, das 40 especies recolectadas, os musgos *Pseudotaxiphyllum laetevirens* (Koppe & Düll) Hedenäs. e *Sphagnum molle* Sull. e as hepáticas *Calypogeia neesiana* (Mass. & Carest.) K. Müll e *Telaranea europaea* J.J. Engel & G.L. Merr atópanse ameazadas baixo a categoría de vulnerable según o *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España*.

Palabras clave: afinidades bioxeográficas, briófitos, conservación, estratexia vital, Rego Tras da Serra.

Abstract

Bryophytes (Divisions Marchantiophyta, Bryophyta and Anthocerotophyta) are a functional group of small terrestrial plants linked to wet environments, at least in part of their life cycle. The native northern forests of Galicia, characterized by their high environmental humidity and oceanic climate are an optimal place for the development of bryophytes. The present project aims at characterizing the bryophytic flora of the Rego de Tras da Serra valley (Muras, Lugo) from a biogeographic and taxonomic point of view, focusing mainly on those species that are linked to the river. The possible presence of species of conservation value in the valley is also assessed. We selected three sampling locations that correspond to the upper, upper-middle and middle parts of the Rego de Tras da Serra river. We present an inventory of the bryophytic flora which includes 40 species of bryophytes (23 mosses and 17 liverworts). The Rego de Tras da Serra valley constitutes an important area for bryophytes that presents species with very diverse biogeographical affinities, including tropical, boreal and polar. As regards life strategies, colonizing species dominate in the upper course of the Rego de Tras da Serra river, where the instability is greater. In the more stable middle section of the river, perennial species dominate and a wider variation was observed. From a conservation point of view, the mosses *Pseudotaxiphyllum laetevirens* (Koppe & Düll) Hedenäs. and *Sphagnum molle* Sull. and the liverworts *Calypogeia neesiana* (Mass. & Carest.) K. Müll and *Telaranea europaea* J.J. Engel & G.L. Merr are vulnerable according to the *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España*.

Key words: biogeographical affinities, bryophytes, conservation, life strategy, Rego Tras da Serra.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <i>Características generales de los briófitos</i>	1
1.2. <i>Importancia ambiental de los briófitos</i>	3
1.3 <i>La Briología en España</i>	4
1.4. <i>La Briología en Galicia</i>	4
1.5 <i>Los briófitos en los planes de conservación</i>	5
1.6. <i>Los bosques septentrionales de Galicia</i>	5
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	6
3.1. <i>Área de Estudio. Localización y caracterización geológica, edafológica y climática</i>	6
3.2. <i>Área de Estudio. Vegetación e interés para la conservación</i>	7
3.3. <i>Recolección e identificación de muestras</i>	8
4. RESULTADOS	12
5. DISCUSIÓN	16
6. CONCLUSIONES	21
7. BIBLIOGRAFÍA	22
7.1. <i>Artículos y libros</i>	22
7.2. <i>Páginas web</i>	26

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Características generales de los briófitos

Los briófitos (Divisiones Marchantiophyta, Bryophyta y Anthocerotophyta) son un grupo funcional de vegetales terrestres de pequeño tamaño ligados a ambientes húmedos, cuando menos en parte de su ciclo vital. Constituyen un nivel morfológico intermedio entre talófitos (algas, hongos y líquenes) y cormófitos (plantas vasculares) por la existencia, en algunos casos, de protosistemas vasculares (hidroides y leptoides; Díaz et al., 2004). Su ciclo biológico (Figura 1) se caracteriza por la alternancia de una generación gametofítica, haploide y dominante, y de una generación esporofítica, diploide y dependiente del gametófito. Ambas generaciones se desarrollan juntas y están conectadas, por lo que el ciclo de vida es digenético, haplo-diplofásico y heteromórfico, con dominancia trófica del gametófito sobre el esporófito (Frey et al., 2009). A pesar de esta dominancia, será en el esporófito donde se desarrollen buena parte de las innovaciones que luego se impondrán en el desarrollo de las plantas vasculares, como los estomas o la existencia de células conductoras (Ligrone et al., 2000).

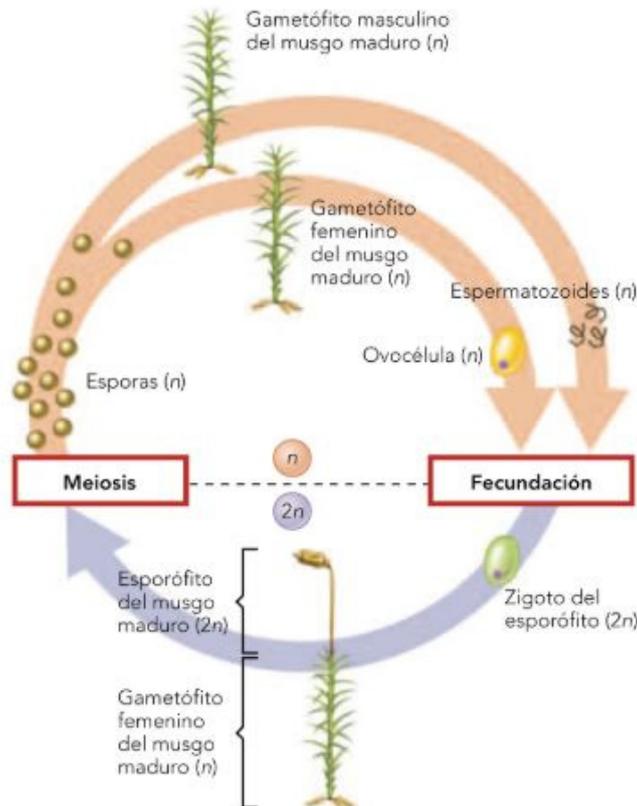


Figura 1. Ciclo biológico de un briófito (Nabors et al., 2006)

Los briófitos son un grupo parafilético que incluye tres divisiones independientes: Marchantiophyta (hepáticas), Bryophyta (musgos) y Anthocerotophyta (antoceros). Los resultados filogenéticos más recientes indican que las hepáticas serían un grupo hermano a todo el resto de los embriófitos, mientras que los antoceros serían basales a las plantas vasculares y los musgos ocuparían una posición intermedia (Frey et al. 2009; Estébanez et al., 2011).

Las tres divisiones de briófitos evolucionaron de manera independiente a partir del mismo grupo ancestral, y a menudo se estudian conjuntamente por sus muchas afinidades fisiológicas y ecológicas (Nabors et al., 2006). El origen evolutivo de estos grupos presenta aún numerosas incógnitas, si bien el consenso actual apunta a que se trata de descendientes directos de las primeras algas verdes que colonizaron el medio terrestre (División Streptophyta) y dieron lugar a las plantas con embrión (Bennici, 2008). De una forma más precisa, distintos autores señalan, a partir de semejanzas genéticas, bioquímicas y estructurales una relación directa entre los briófitos y las algas de la Clase Charophyceae (Estébanez et al., 2011).

Discernir el origen temporal de los distintos linajes de briófitos es complicado por diversas razones. En primer lugar, la naturaleza no lignificada de sus tejidos hace que su fosilización sea difícil. Además, la elevada heterogeneidad de los grupos hace que probablemente su origen y diversificación hayan ocurrido a lo largo de un período amplio de tiempo (Frey et al., 2009). Se han propuesto varias estimaciones con resultados muy diversos. Estudios a partir de fósiles (microfósiles de esporas) y análisis moleculares señalan que hepáticas y musgos habrían surgido en el Ordovícico, hace 460 millones de años (Ma; Heinrichs et al., 2007), mientras que los antoceros lo habrían hecho en el Silúrico (425 Ma; Villarreal et al., 2014). En lo que se refiere a los macrofósiles, los primeros no ambiguos proceden del Devónico (390 Ma; la hepática *Metzgeriothallus sharonae* sp. nov.; Hernick et al., 2008).

Los briófitos son el segundo grupo en diversidad dentro de las plantas terrestres, y la mayoría de los linajes actuales se remontan a finales del Mesozoico, época de gran diversificación en estos grupos (Feldberg et al., 2014). En la actualidad, de las tres divisiones de briófitos, la división Anthocerotophyta es la que menor diversidad presenta, comprendiendo entre 100-150 especies (Frey et al., 2009), aunque algunos autores estiman unas 200-250 (Villarreal et al., 2014). Por su parte, la división Marchantiophyta comprende unas 8.000 especies, siendo un linaje muy diverso. Por último, la división Bryophyta constituye el grupo más diverso de briófitos, contando con unas 15.000 especies ampliamente distribuidas en la mayoría de los ecosistemas terrestres (Frey et al., 2009). Se trata de valores bajos en comparación con los cientos de miles de plantas fanerógamas, lo que se ha atribuido a la existencia de diversos eventos de extinción masiva (Laenen et al., 2014). Aun así, dadas las dificultades de aplicación del concepto biológico o tipológico de especie en los briófitos, cualquier comparación deberá realizarse con cautela (Stenøien, 2008).

Los briófitos están presentes en la mayor parte de los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, alcanzando su máximo desarrollo en zonas sombrías con un elevado grado de humedad. Pueden habitar en el suelo (edáficos), sobre las rocas (saxícolas), sobre madera de árboles (corticólicas), sobre madera en descomposición (epífitos) o incluso sumergidos bajo el agua (Díaz et al., 2005). Se trata de vegetales que se adaptan muy bien en zonas con condiciones extremas, como en la tundra, en pantanos (donde originan turberas), en acantilados expuestos, etc. (Dierssen, 2001). A pesar de conocer las principales zonas en las que habitan los briófitos, es importante destacar que los patrones globales de diversidad de las diferentes especies están escasamente descritos. Por ello, en los últimos años, se han realizado diversos esfuerzos encaminados al desarrollo de un mapa global de distribución y riqueza específica de los briófitos, especialmente de los musgos (Figura 2). Se busca determinar si el clásico gradiente latitudinal que origina un aumento en el número de especies a medida que disminuye la latitud, afecta también a este grupo. Actualmente, a pesar de que sería precipitado sacar conclusiones definitivas en este

asunto, no parece existir tal patrón. De esta forma, por ejemplo, en nuestra región (Europa Occidental y Macaronesia) la diversidad de musgos es elevada (entre 500-600 especies por 100.000 km², Figura 2). Se trata de un valor semejante al visto en algunas zonas tropicales (Geffert et al., 2013).

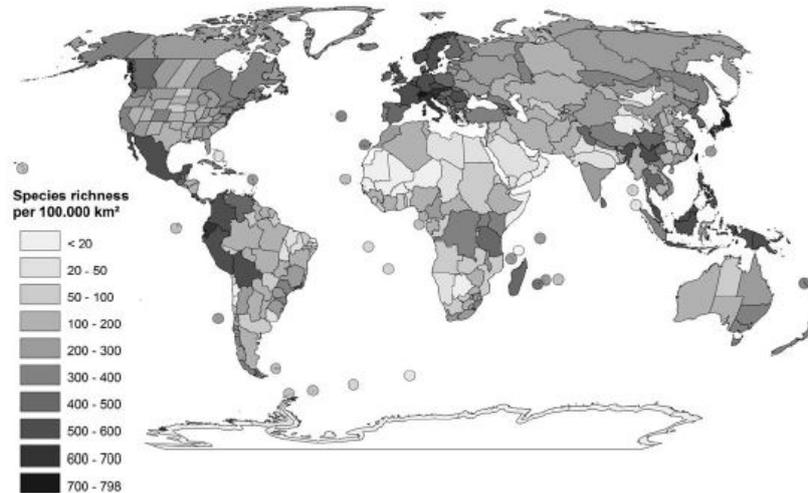


Figura 2. Patrones globales de la riqueza específica de musgos (Div. Bryophyta), donde el número de especies ha sido estandarizado para un área de 100.000 km² (Geffert et al., 2013).

1.2. Importancia ambiental de los briófitos

Cabe destacar la importancia de los briófitos en el ciclo del agua, en los ciclos biogeoquímicos (especialmente en el ciclo del carbono) y en la producción de oxígeno. Un ejemplo serían los musgos del género *Sphagnum*, formadores de turberas. Se trata de hábitats intermedios entre los medios acuáticos y terrestres en los que la mayor parte de la materia orgánica procede de la acumulación de restos de musgos *Sphagnum*, que se descomponen muy lentamente por la elevada acidez y la baja temperatura. Estos ambientes almacenan aproximadamente el 10% del agua dulce y el 30% del carbono orgánico presentes en el planeta, lo que es indicativo de los servicios ecosistémicos ofrecidos por este grupo de plantas (Rezanezhad et al., 2016).

Los briófitos son utilizados también como bioindicadores de la contaminación atmosférica y acuática gracias a su capacidad de acumulación de contaminantes en su cuerpo vegetativo (Estébanez et al., 2011). De esta forma, su uso está ampliamente extendido en la biomonitorización de metales pesados, ya que son capaces de acumularlos en grandes cantidades sin que se produzca algún efecto negativo en su crecimiento o desarrollo (Stanković et al., 2018). En muchos países de Europa, para dicha biomonitorización se utilizan normalmente dos especies de musgos: *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. y *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (Grodzińska & Szarek-Lukaszewska, 2001).

1.3 La Briología en España

La disciplina botánica que se encarga del estudio de los briófitos es la Briología. Esta especialidad surge a principios del siglo XVIII de la mano de Johann Dillenius y Adam Buddle (<http://floragon.ipe.csic.es/>), sin embargo, no fue hasta finales de este mismo siglo cuando otro de los padres de la Briología, el alemán Johann Hedwig, establece el concepto de briófito en su obra *Species Muscorum Frondosorum* (1801). Este investigador será el primero en observar los anteridios, los gametos masculinos flagelados y los arquegonios, y fue capaz de discernir el ciclo de vida de los briófitos (<https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/>).

En España, la Briología se incorporó tarde a las disciplinas botánicas. Hubo que esperar hasta principios del siglo XX para que la Briología española arrancase con fuerza gracias a la figura del gallego Antonio Casares Gil (<http://consellodacultura.gal/>), cuyas obras *Flora ibérica. Briófitas (primera parte). Hepáticas* (1919) y *Flora ibérica. Briófitas (segunda parte). Musgos* (1932) (<https://bibdigital.rjb.csic.es/>), marcan un antes y un después en el estudio de la brioflora peninsular (Ponte Hernando et al., 2016). Tras su muerte se produce un gran vacío, y únicamente la figura de los esposos Allorgue, mantiene viva la disciplina en nuestro país (Casas de Puig, 1982). No será hasta mediados del siglo XX cuando la Briología española alcance de nuevo un gran nivel, gracias a la brióloga Creu Casas i Sicart (<http://floragon.ipe.csic.es/>). Sus obras fueron fundamentales para la publicación de la *Lista Roja de briófitos Ibéricos* que, junto con sus investigaciones en este ámbito, le permitieron ser la primera mujer en alcanzar una cátedra de botánica en España. Asimismo, en el año 1987 se crea la Sociedad Española de Briología (SEB) de la cual Creu Casas i Sicart es nombrada presidenta. En la actualidad, y parcialmente gracias a la actuación de la SEB, España es uno de los países de Europa con mayor número de briólogos profesionales (Puche, 2007). Todos estos esfuerzos se ven reflejados en el proyecto *Flora Briofítica Ibérica*, dirigido por la SEB desde 1988 hasta la actualidad, y cuyo objetivo es identificar y conocer los aspectos fundamentales de los briófitos en la Península Ibérica (<http://www.florabriofiticaiberica.com/>).

1.4. La Briología en Galicia

En Galicia, dicha disciplina surge en el siglo XIX con la publicación de diversas citas de escaso rigor científico que señalan la presencia de briófitos en nuestro territorio (<http://consellodacultura.gal/>), aunque la mayor contribución al conocimiento de la brioflora en Galicia se produce durante la primera mitad del siglo XX de la mano del botánico Antonio Casares Gil, citado anteriormente. Después de su muerte, la actividad briológica se retoma nuevamente en la década de los 70 con Reinoso Franco que, junto con otros investigadores, comienza a realizar un extenso muestreo de la flora briofítica autóctona (Reinoso et al., 2002). Así, se han podido detallar varias áreas importante para los briófitos en nuestra Comunidad Autónoma, como la Fraga de Caaveiro (A Coruña) (Reinoso Franco et al., 1984; Reinoso Franco et al., 1985), a Serra do Xistral (Lugo) y la cuenca fluvial medio-baja del río Eo (Lugo) (Garilleti & Albertos, 2012).

1.5 Los briófitos en los planes de conservación

Tradicionalmente, las investigaciones y acciones conservacionistas de la flora briofítica han quedado un poco relegadas, pero en los últimos años el interés por su biodiversidad y conservación ha ido en aumento (Hallingbäck & Hodgetts, 2001). En este proceso de cambio ha sido de gran importancia la IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*) que, debido a la creciente amenaza que sufren los briófitos, ha promovido la creación de Listas Rojas (a nivel regional, nacional y mundial) que informan sobre su estado de conservación, así como el de los hábitats en los que se encuentran. Como resultado de esta nueva política de conservación, surgen la *Lista Roja Mundial de Briófitos* y el *Libro Rojo de los Briófitos de Europa* (Hodgetts, 2015). En el ámbito ibérico, Sérgio et al. (1994) publican la primera *Lista Roja de los Briófitos de la Península Ibérica*, reeditada y actualizada en el año 2007 gracias a los diversos avances que se han ido consiguiendo en este campo (Sérgio et al., 2007). Dicha Lista Roja, junto con un sinfín de investigaciones sobre la taxonomía y distribución de los briófitos, hacen posible la publicación del *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España* (ABrA), en el que se incluyen 74 especies (56 musgos y 18 hepáticas) amenazadas en nuestro país (Garilleti & Albertos, 2012).

En cuanto a la legislación de briófitos en España, apenas se contempla su conservación, siendo muy pocas las Comunidades Autónomas que las incluyen en sus Catálogos Regionales de Especies Amenazadas (Infante & Heras, 2005). En Galicia, la publicación de la *Lista Roja de los Briófitos de Galicia (N.O. de España)* (Reinoso Franco et al., 2002) permite, tras la aprobación del decreto 88/2007 —mediante el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Galicia— incluir 27 especies (16 musgos y 11 hepáticas) de flora briofítica amenazada (*Decreto 88/2007, de 9 de Mayo, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Galicia. Diario Oficial de Galicia. D.O.G. nº 89 de 09.05.2007*).

1.6. Los bosques septentrionales de Galicia

Las sierras septentrionales de Galicia constituyen el extremo occidental de los Montes Galaico-Asturianos (Ramil & Aira, 1996). Pertenecen a la región Eurosiberiana, provincia Cántabro-Atlántica, sector Galaico-Asturiano, subsector Galaico-Asturiano septentrional (Rivas-Martínez et al., 1987; Rodríguez Guitián & Ramil Rego, 2008). En ellas se sitúan los bosques septentrionales de Galicia, cuya composición florística se ve influenciada por el carácter oceánico del clima y la elevada humedad ambiental originada por la condensación de masas nubosas procedentes del Mar Cantábrico. Además, la proximidad al mar modula las temperaturas a lo largo del año, favoreciendo la presencia de un gran número de especies termófilas (Rodríguez Guitián, 2010). Estos bosques (robledales acidófilos galaico-asturianos hiperoceánicos) se encuentran dominados por especies caducifolias del género *Quercus* (principalmente por *Quercus robur* L.), formando la asociación fitosociológica *Blechno spicanti Quercetum roboris* (Peinado Lorca-Rivas Martínez, 1987). Dentro de esta asociación podemos distinguir dos subasociaciones: *Blechno spicanti Quercetum roboris* subas. *dryopteridetosum aemulae* y *Blechno spicanti Quercetum roboris* subas. *lauretosum nobilis*. La diferencia principal entre ellas estriba en la frecuencia de especies como el laurel (*Laurus nobilis* L.) o el madroño (*Arbutus unedo* L.), poco frecuentes en la primera (Rodríguez Guitián, 2010). Por lo demás, podemos encontrar especies comunes en ambos, que caracterizan a los

robledales acidófilos galaico-asturianos hiperoceánicos de otro tipo de robledales, como *Ranunculus nemorosus* Garsault, *Sorbus aucuparia* L. o *Polygonatum verticillatum* L. (All.), además de un gran número de pteridófitos como *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Osmunda regalis* L., *Lastrea limbosperma* (All.) Holub & Pouzar, *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. o *Woodwardia radicans* (L.) Sm., entre otras. (Izco et al., 1990; Rodríguez Guitián, 2010).

2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo se resumen en tres puntos principales:

1. Analizar la variabilidad de los briófitos ligados al cauce en el Rego Tras da Serra, analizando tanto especies saxícolas (sobre rocas) como humícolas (sobre suelo).
2. Caracterizar la flora briofítica ligada al cauce del Rego Tras da Serra desde un punto de vista taxonómico, biogeográfico y ecológico.
3. Comprobar la posible presencia en el valle del Rego Tras da Serra de especies de valor de conservación, bien por estar incluidas en listas rojas, ser escasas o caracterizar hábitats de interés comunitario.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Área de Estudio. Localización y caracterización geológica, edafológica y climática

El río Sor constituye el límite natural de las provincias de A Coruña y Lugo; nace en el Monte Bustelo (Muras, Lugo) y desemboca en la Ría do Barqueiro, en el Mar Cantábrico (Figura 3). Se trata de un río cántabro-atlántico, silíceo (Orden ARM- Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino- /2656/2008) de 49 km de longitud y cuya cuenca fluvial posee una escasa altura (500-700 m aproximadamente). Nace de la unión de varios arroyos, cuya confluencia permiten formar el Rego de Santar y el Rego Tras da Serra. Aguas abajo, la unión de estos dos cursos de agua en Ambosores (Oourol, Lugo) constituye el punto de origen del río Sor, que a lo largo de su curso alto y medio se caracteriza por los fuertes desniveles y por discurrir encajonado a lo largo de diversos valles en forma de V (Alberruche del Campo, 1992).

El valle del Rego Tras da Serra (Muras, Lugo y As Pontes, A Coruña) (Figura 3) será la zona de realización de este trabajo (las coordenadas desde el inicio



Figura 3. Localización geográfica del valle del Rego Tras da Serra (Rodríguez Guitián et al., 2012).

hasta el final del valle son 43° 31' 15" N - 7° 45' 5" W y 43° 32' 10" N - 7° 45' 54" W). Este río discurre en dirección NE a lo largo de una formación de cuarcitas del Ordovícico pertenecientes al Dominio Olló de Sapo (Arce & Fernández, 1976; <https://info.igme.es/>). Asimismo, el valle se encuentra cerca de la Falla de Viveiro, que supone el punto de contacto entre el Dominio Olló de Sapo y los esquistos del Dominio Domo de Lugo, que también ejerce influencia sobre la región (Alberruche del Campo, 1992; Arce & Fernández, 1976). Sobre esta base litológica se desarrollan suelos ácidos (pH medio de entre 4 y 5; <http://rgis.cesga.es/>) de ladera, de tipo Regosol úmbrico y Cambisol húmico, con inclusiones de Leptosoles úmbricos en las zonas de pendiente más pronunciada (Fernández Vega, 1998; Macías & Calvo de Anta, 2011; <http://mapas.xunta.gal/>). Estos suelos se caracterizan principalmente por su poco desarrollo y su elevado contenido en arenas y gravas procedentes de la erosión de la roca silícea subyacente (<http://rgis.cesga.es/>). Dentro de la situación geográfica del valle, es importante destacar su proximidad a zonas de especial interés para la conservación de briófitos, como la Sierra do Xistral (Garilleti & Albertos, 2012)

La caracterización climática de la zona se ha realizado a través datos procedentes de la estación meteorológica de Borreiros (Viveiro) debido a su proximidad con la zona de estudio. Dichos datos se encuentran disponibles en el Servicio Meteorológico de la Xunta de Galicia (<https://www.meteogalicia.gal/>) y comprenden un período de 9 años, concretamente entre 2011-2019. Se seleccionaron aquellas variables que pudieran tener un mayor peso en la clasificación bioclimática de la zona: temperatura media anual, precipitación media anual, humedad relativa y temperatura media de las máximas y mínimas (Tabla 1). Así, la zona de estudio presenta un clima Atlántico Europeo según la clasificación fitoclimática de Allué y Marítimo Templado según la clasificación de Papadakis, localizándose en el horizonte superior del piso colino, con un ombrotipo húmedo superior (Rodríguez Guitián & Ramil Rego, 2007).

Estación meteorológica	Tª media (°C)	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Humedad relativa media (%)	Precipitaciones medias (L/m²)
Borreiros (Viveiro) (2011-2019)	13,5	18,2	9,4	80,6	111,6

Tabla 1. Variables climáticas junto con sus valores medios correspondientes; obtenidos del Servicio Meteorológico de la Xunta de Galicia (<https://www.meteogalicia.gal/>) durante un período de 9 años (2011-2019).

3.2. Área de Estudio. Vegetación e interés para la conservación

La mayor parte del curso del Rego Tras da Serra está cubierto por un extenso robledal acidófilo galaico-asturiano hiperoceánico de unas 45 hectáreas (ha) de superficie conocido bajo el nombre de A Fraga Gorda (Rodríguez Guitián et al., 2012). Desde un punto de vista fitosociológico, la formación se encuadra en la asociación *Blechno spicanti-Quercetum roboris* subas. *dryopteridetosum aemulae*. La vegetación dominante estará constituida, en el estrato arbóreo, por especies de Fagaceae de hoja caduca, como *Quercus robur* L. y *Castanea sativa*

Mill. Otros árboles acompañantes serán *Betula alba* L., *Corylus avellana* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (Betulaceae) e *Ilex aquifolium* L. En el estrato arbustivo de manera frecuente aparecen especies como *Vaccinium myrtillus* L. o *Erica arborea* L. (Ericaceae). Entre la vegetación herbácea son muy abundantes las especies *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin, *Agrostis curtisii* Kerguelén, *Agrostis stolonifera* L. o *Saxifraga spatularis* Brot., si bien serán especialmente significativos los helechos como *Blechnum spicant* (L.) Roth (Blechnaceae), *Dryopteris aemula* (Aiton) Kuntze, *Dryopteris afinnis* (Lowe) Fraser-Jenk. y *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A.Gray (Dryopteridaceae) (Rodríguez-Guitián et al., 2012).

Desde el punto de vista de la conservación, A Fraga Gorda es especialmente relevante por su riqueza pteridofítica, albergando poblaciones de helechos amenazados (según el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Galicia) relictos del Terciario como *Calocitium macrocarpa* C. Presl (catalogado como en peligro de extinción; <https://cmatv.xunta.gal/>), *Dryopteris aemula* (Aiton) Kuntze e *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. (catalogados como vulnerables; <https://cmatv.xunta.gal/>). Asimismo, en esta zona crecen también helechos poco frecuentes en Galicia, como *Cystopteris viridula* (Desv.) Desv. y *Lastrea limbosperma* (All.) Holub & Pouzar, entre otros. Desde el punto de vista de los briófitos en sentido amplio, el valle del Rego Tras da Serra presentan una alta relevancia potencial por estar situada a medio camino entre dos zonas de interés para su conservación, As Fragas do Eume (A Coruña) e a Serra do Xistral (Lugo) (Garilleti & Albertos, 2012). Además, dadas sus características climáticas y biogeográficas, se trata de un hábitat a priori adecuado para algunas de las especies incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Galicia, como, por ejemplo, *Ulotrichum coarctatum* (P. Beauv.) Hammar, *Ulotrichum calvescens* Wils., *Cryphaea lamiana* (Mont.) C. Müll., *Sphagnum molle* Sull., *Metzgeria temperata* Kuwah. o *Radula holtii* Spruce (Decreto 88/2007, de 9 de mayo, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Galicia. Diario Oficial de Galicia. D.O.G. nº 89 de 09.05.2007; Dierssen, 2001). Dentro de las posibles amenazas locales para la conservación de la biodiversidad en la zona, es necesario destacar las plantaciones forestales de eucaliptos, los incendios forestales y la construcción de parques eólicos (Rodríguez-Guitián et al, 2012). Por ello, y aunque el valle del Rego Tras da Serra no presenta una gran afluencia de seres humanos, estos dos factores pueden suponer un importante riesgo para la conservación de la zona. A pesar de ello, en los últimos 13 años no ha habido muchas transformaciones en sus alrededores (Figuras 4 y 5), por lo que, en la actualidad, estas acciones antrópicas no están generando importantes problemas que afecten a su conservación (<http://mapas.xunta.gal/>).

3.3. Recolección e identificación de muestras

Dada la dificultad de realizar un análisis exhaustivo de la flora briofítica del valle, se realizó una selección de ambientes con el objetivo de analizar en profundidad únicamente parte de la diversidad de la zona. Así, el estudio se ha limitado a las zonas adyacentes al cauce del río, no habiendo sido examinadas las zonas de ladera o las zonas altas. Asimismo, se escogieron tres localidades de muestreo que fueran representativas del conjunto del cauce, correspondiéndose con zonas del curso alto, curso medio-alto y curso medio del Rego Tras da Serra. No se seleccionó ninguna zona del curso bajo por corresponder ya con el curso del río Sor y transcurrir por una zona de mayor urbanización. La diferenciación entre las zonas se llevó a cabo en base a la anchura del cauce y su pendiente.

Con el objetivo de aprovechar la época de mayor abundancia de briófitos se realizaron 2 salidas de campo a principios de año: la primera, correspondiente con el muestreo del curso alto el 12 de febrero, y la segunda el 26 de febrero, donde se muestrearon los cursos medio-alto y medio.



Figura 4. Imagen aérea del valle del rego Tras da Serra en el año 2004, donde se pueden observar los parques eólicos
(<http://mapas.xunta.gal/>).



Figura 5. Imagen aérea de la zona de estudio en el año 2017. Apenas se observan cambios con respecto a la misma imagen 13 años antes
(<http://mapas.xunta.gal/>).

La localidad correspondiente con el curso alto (Figura 6) se caracteriza por presentar diversos núcleos del helecho relicto del Terciario *Culcita macrocarpa* (Bañares et al., 2004). En ella nace y discurre un pequeño arroyo estacional de pendiente pronunciada, encajonado entre varias paredes rocosas y que desemboca en el Rego Tras da Serra. La localidad del curso medio-alto (Figura 7) destaca por su difícil acceso debido a la fuerte pendiente y pronunciadas gargantas fluviales. Por último, la localidad propia del curso medio (Figura 8) se sitúa en el punto de unión del arroyo mencionado en la primera localidad y del Rego Tras da Serra, destacando por la ausencia de los fuertes desniveles que caracterizaban a las localidades anteriores, ya que, en este caso, la pendiente del curso fluvial es mucho menor.

Cada una de estas localidades presenta unas características ecológicas particulares. Para cada una de ellas se realizaron medidas de la altitud, pendiente del curso fluvial y cobertura briofítica y de la vegetación. Los valores de estas variables se recogen en la siguiente tabla (Tabla 2).

Una vez fijadas las localidades de muestreo y descritas sus principales características ambientales, se lleva a cabo la prospección de la zona y la recolección de individuos. Para ello, se recogerán tanto especies saxícolas (aquellas situadas en el sustrato rocoso) como humícolas (situadas sobre el suelo).



Figura 6. Aspecto de la localidad correspondiente al “curso alto” del Rego Tras da Serra. En la parte izquierda se puede observar la población del helecho relicto *Culcita macrocarpa*.
Autor: I. Seoane.



Figura 7. Apariencia de la localidad correspondiente al “curso medio-alto” del Rego Tras da Serra, donde se puede observar el gran encajonamiento del curso fluvial. Autor: I. Seoane



Figura 8. Localidad correspondiente al “curso medio” del Rego Tras da Serra. Se trata de la zona de unión entre este y el arroyo de la primera localidad.
Autor: I. Seoane.

En primer lugar, con la ayuda de una cinta métrica, marcamos un transecto de 30 metros de longitud a lo largo del cauce fluvial y de 2 metros de ancho a cada lado de éste (Figura 9). Posteriormente, con la ayuda de una navaja se procede a la recolección de los individuos edáficos a lo largo de toda el área marcada por el transecto. Una vez recolectados, se guardan en sobres de papel marcados con el nombre de la localidad y su número correspondiente. Además, todos estos datos deben de anotarse también en un cuaderno de campo junto con una serie de caracteres que permitan aproximar la muestra lo máximo posible a una especie determinada; para ello es muy importante la utilización de una lupa cuentahilos. También es recomendable obtener una muestra representativa con esporófitos siempre que sea posible, ya que estas estructuras facilitan la posterior identificación de los individuos (Delgadillo & Cárdenas, 1990).

Es importante destacar que el muestreo del “curso medio-alto” del Rego Tras da Serra no se pudo realizar con la metodología descrita debido a su difícil acceso, por lo que, en lugar de realizar muestreos continuos a lo largo del transecto, se seleccionaron tres puntos situados al inicio, mitad y final de este.

Una vez finalizada la salida al campo, se procede al secado de las muestras en el laboratorio. Para ello se envuelven en papel y se colocan en nuevos sobres con la finalidad de evitar que se estropeen. Tras el secado se procede a la identificación de los individuos, para lo que se utiliza una lupa y un microscopio óptico. En la identificación tanto de musgos como de hepáticas son fundamentales los filidios (estructuras similares a las hojas de las plantas vasculares). Con esta finalidad, se extraen un par de filidios de la muestra y se colocan en un portaobjetos con una gota de agua. A continuación, se llevan al microscopio para observar aspectos como la nervadura o las células del margen y de la base del filidio, que nos permitan avanzar en la identificación mediante el uso de diversas claves dicotómicas. En el caso de los musgos del

género *Sphagnum* es preciso también teñir los tejidos con azul de metileno para una mejor observación al microscopio (Brugués et al., 2007).

Localidad	Coordenadas	Altitud (m)	Pendiente curso fluvial (%)	Cobertura briofítica (%)	Cobertura vegetación (%)
Curso alto	*	460	48,3	80	95
Curso medio-alto	43°31'45" N 7°44'37" W	453	52	90	100
Curso medio	43°31'55" N 7°44'49" W	430	20	80	90

Tabla 2. Principales características ambientales de las localidades visitadas dentro del valle del Rego Tras da Serra. No se facilitan las coordenadas de esta primera localidad por el elevado riesgo de coleccionismo que sufren las poblaciones de *C. macrocarpa*.

Para la nomenclatura de los musgos se han seguido los criterios de Flora Briofítica Ibérica (Brugués et al., 2007; Brugués & Guerra, 2015; Guerra et al., 2006; Guerra et al., 2010; Guerra et al., 2014; Guerra & Hedenäs, 2018) y Atherton et al. (2010), mientras que para las hepáticas se siguen los de Casas et al. (2009) y Paton (1999). Además, el material recolectado se ha incluido en la colección de briófitos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de A Coruña.

En el catálogo de briófitos realizado y que se expone en la sección de resultados se han caracterizado las especies según su distribución geográfica, estrategia vital y tolerancia al pH edáfico según Dierssen (2001). Asimismo, se ha añadido también la situación dentro del valle del Rego Tras da Serra y el estado de conservación. En lo que se refiere a la afinidad biogeográfica de los táxones, las especies tienen múltiples afinidades biogeográficas, lo que se refleja en el catálogo y en los gráficos que se presentan en la discusión.



Figura 9. Simulación de un transecto utilizado para marcar el área de recolección de individuos. Autor: I. Seoane.

4. RESULTADOS

Como resultado de la recolección e identificación realizadas, se ha elaborado un catálogo de flora briofítica en el que se exponen por separado los musgos (División Bryophyta) y las hepáticas (División Marchantiophyta). Además, cada división se subdivide en diferentes Órdenes y Familias donde se indican las especies, que aparecen ordenadas de forma alfabética.

Para cada especie, y en línea con lo expresado en la sección de Material y Métodos, se indican caracteres como la biogeografía, estrategia vital, tolerancia al pH edáfico y situación dentro del valle del Rego Tras da Serra, es decir, localidad a la que pertenecen. En caso de existir, también se incluye el grado de amenaza según el *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España* (Garilleti & Albertos, 2012) para cada uno de los taxones. En las especies que conforman el siguiente catálogo se pueden distinguir tres grados de amenaza, cuya ordenación categórica de mayor a menor importancia sería “vulnerable” (VU), “casi amenazada” (NT) y “preocupación menor” (LC). Todos los especímenes incluidos en el catálogo se han depositado en el Herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad da Coruña.

Como resumen de lo incluido en el catálogo, se han encontrado un total de 23 musgos en sentido estricto (División Bryophyta), mientras que el número de hepáticas (División Marchantiophyta) detectado fue de 17. De éstas, 15 fueron hepáticas foliosas (Órdenes Jungermanniales y Lophoziales) y 2 hepáticas talosas (Órdenes Metzgeriales y Pelliales). Por su parte, los musgos pertenecen a los Órdenes Dicranales, Grimmiales, Hypnales, Polytrichales y Sphagnales.

En lo que se refiere a la distribución, nos encontramos que, de todos los individuos recolectados, 21% son polares (árticas y/o antárticas), 19% boreales, 6% templados, 12% mediterráneos, 29% tropicales, 7% australes y 6% cosmopolitas. Con respecto a su tolerancia al pH edáfico, la gran mayoría de las especies son acidófilas o ligeramente subneutrófilas, y en relación con su estrategia vital, 2% son perennes y dominantes, 12% colonizadores, 20% perennes, 28% perennes competitivos, 18% colonizadores pioneros, 5% perennes tolerantes al estrés, 12% de vida larga y 3% dominantes y de vida larga. De acuerdo con su situación ligada al cauce del Rego Tras da Serra, el 32,5% de las especies aparecen exclusivamente en el curso alto, el 35% de manera exclusiva en el curso medio y el 32,5% simultáneamente en ambos. Además, cabe destacar que, de las especies que conforman el catálogo, los musgos *Pseudotaxiphyllum laetevirens* (Koppe & Düll) Hedenäs y *Sphagnum molle* Sull y las hepáticas *Calypogeia neesiana* (Mass. & Carest.) K. Müll y *Telaranea europaea* J.J. Engel & G.L. Merr se incluyen como vulnerables (VU) en el *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España* (Garilleti & Albertos, 2012).

Con respecto a la distribución ibérica de las especies encontradas, en este trabajo se presentan dos novedades provinciales, *Pseudotaxiphyllum laetevirens* (Koppe & Düll) Hedenäs para la provincia de Lugo y *Sphagnum fimbriatum* Wils. para la provincia de A Coruña.

División Bryophyta

Orden Dicranales

Familia Dicranaceae

Dicranum scoparium Hedw.: Cosmopolita; Perenne competitiva; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio; NT.

Familia Fissidentaceae

Fissidens polyphyllus Wils. Ex. B., S. & G.: Austrosubtropical; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Familia Leucobryaceae

Campylopus introflexus (Hedw.) Brid: Cosmopolita; Perenne y dominante; Acidófila; Curso medio.

Leucobryum juniperoideum (Brid) C. Müll.: Cosmopolita; Perenne; Acidófila; Curso alto y curso medio.

Familia Oncophoraceae

Rhabdoweisia fugax (Hedw.) B., S. & G.: Austral-tropical/montana-boreal-ártica; Colonizadora; Acidófila; Curso medio; NT.

Orden Grimmiales

Familia Grimmiaceae

Racomitrium aciculare (Hedw.) Brid.: Austral/subalpina-ártica; Colonizadora pionera; Acidófila-subneutrófila; Curso medio; NT.

Racomitrium aquaticum (Schrad.) Brid.: Austral-austrosubtropical/montana-boreosubtropical/montana-boreal; Colonizadora pionera; Acidófila; Curso alto; NT.

Orden Hypnales

Familia Hypnaceae

Hyocomium armoricum (Brid.) Wijk. & Marg.: Boreosubtropical-templada; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Hypnum cupressiforme Hedw.: Cosmopolita; Perenne tolerante al estrés; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Familia Brachytheciaceae

Isoetecium myosuroides Brid.: Mediterránea/montana-boreal; Perenne tolerante al estrés; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Pseudoscleropodium purum (Hedw.) Limpr.: Cosmopolita; Perenne; Acidófila-basófila; Curso medio; LC.

Familia Hylocomiaceae

Rhytidiadelphus loreus (Hedw.) Warnst.: Mediterránea/montana-boreal; Perenne competitiva; Acidófila; Curso medio.

Rhytidiadelphus squarrosus (Hedw.) Warnst.: Austral-mediterránea-subalpina-ártica; Perenne competitiva; Acidófila-subneutrófila; Curso alto.

Familia Plagiotheciaceae

Plagiothecium undulatum (Hedw.) B., S. & G.: Tropical/montana-subalpina-boreal-ártica; Perenne competitiva; Acidófila; Curso alto y curso medio.

Pseudotaxiphyllum elegans (Brid.) Iwats.: Tropical/boreal-ártica; Colonizadora pionera; Acidófila-subneutrófila; Curso alto; NT.

Pseudotaxiphyllum laetevirens (Koppe & Düll) Hedenäs.: Mediterránea; Colonizadora pionera; Acidófila; Curso alto; VU.

Familia Thuidiaceae

Thuidium tamariscinum (Hedw.) B., S. & G.: Tropical-boreal; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Orden Polytrichales

Familia Polytrichaceae

Polytrichastrum formosum Hedw.: Austral-tropical/montana-boreal-ártica; Perenne competitiva; Acidófila; Curso alto; NT.

Polytrichum commune Hedw.: Austrosubtropical-tropical-ártica; Perenne competitiva; Acidófila-subneutrófila; Curso medio; NT.

Orden Sphagnales

Familia Sphagnaceae

Sphagnum denticulatum Brid.: Austrosubtropical-boreal-ártica; Dominante y vida larga; Acidófila-subneutrófila; Curso medio.

Sphagnum fimbriatum Wils.: Antártica-austrosubtropical/montana-ártica; Vida larga; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Sphagnum molle Sull.: Tropical-templada-boreal; Vida larga; Acidófila; Curso medio; VU.

Sphagnum subnitens Russ & Warnst.: Antártica-austrosubtropical/montana-ártica; Vida larga; Acidófila-subneutrófila; Curso medio.

División Marchantiophyta

Orden Jungermanniales

Familia Calypogeiaceae

Calypogeia muelleriana (Schiffn.) K. Müll.: Mediterránea/montana-ártica; Colonizadora; Acidófila; Curso alto.

Calypogeia neesiana (Mass. & Carest.) K. Müll.: Mediterránea/montana-boreal-ártica; Colonizadora; Acidófila-subneutrófila; Curso alto; VU.

Familia Gymnomitriaceae

Marsupella emarginata (Ehrh.) Dumort.: Austral-tropical/montana-ártica; Colonizadora pionera; Acidófila-subneutrófila; Curso medio.

Familia Jubulaceae

Frullania tamarisci (L.) Dum.: Tropical/montana-ártica; Vida larga; Acidófila; Curso medio.

Familia Lejeuneaceae

Microlejeunea ulicina (Tayl.) Evans.: Tropical-hemiboreal; Vida larga; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Plagiochila punctata Tayl.: Boreotropical/montana-templada; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso medio; NT.

Plagiochila spinulosa (Dicks.) Dum.: Mediterránea-templada; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso alto.

Familia Lepidoziaceae

Bazzania trilobata (L.) S.F. Gray: Mediterránea/montana-boreal-subártica; Perenne competitiva; Acidófila; Curso medio.

Telaranea europaea J.J. Engel & G.L. Merr.: Austrosubtropical-tropical-templada; Colonizadora; Acidófila; Curso alto; VU.

Familia Lophocoleaceae

Lophocolea bidentata (L.) Dum.: Austral-tropical/montana-boreal; Perenne competitiva; Acidófila-subneutrófila; Curso medio.

Familia Scapaniaceae

Diplophyllum albicans (L.) Dum.: Tropical/montana-ártica; Colonizadora pionera; Acidófila y ocasionalmente neutrófila; Curso alto y curso medio; LC.

Scapania gracilis Lindb.: Boreotropical/montana-hemiboreal; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso alto y curso medio.

Scapania undulata (L.) Dum.: Boreotropical/montana-subártica; Perenne competitiva; Acidófila-subneutrófila; Curso alto.

Familia Solenostomataceae

Nardia compressa (Hook.) S. Gray: Mediterránea/montana-subalpina-boreal-ártica; Perenne; Acidófila; Curso alto y curso medio.

Orden Lophoziales

Familia Lophoziaceae

Lophozia ventricosa (Dicks.) Dum.: Mediterránea/montana-ártica; Colonizadora pionera; Acidófila; Curso alto.

Orden Metzgeriales

Familia Metzgeriaceae

Metzgeria furcata (L.) Dum.: Cosmopolita; Perenne; Acidófila-subneutrófila; Curso alto.

Orden Pelliales

Familia Pelliaceae

Pellia epiphylla (L.) Corda.: Boreosubtropical-boreal; Colonizadora; Subneutrófila-basófila; Curso alto.

5. DISCUSIÓN

En lo que se refiere a la taxonomía, en el caso de la División Bryophyta, el orden Hypnales es el que presenta el mayor número de especies (43%), seguido por los Órdenes Dicranales (22%) y Sphagnales (17%), en tanto que los Órdenes Polytrichales (9%) y Grimmiales (9%) aportan un número de especies mucho menor (Figura 10). Esta riqueza de los Órdenes Hypnales y Dicranales es coherente con su amplio espectro ecológico, que les permite asentarse en una gran variedad de ambientes (Geffert et al., 2013). Los Hypnales son especialmente diversos en zonas de bosque, particularmente en regiones tropicales y subtropicales (Merget & Wolf, 2010). Estos dos Órdenes son además los de mayor diversidad dentro de los musgos, agrupando al 15,7% (Dicranales) y al 33,9% (Hypnales) de las especies (Newton & Tangney, 2008).

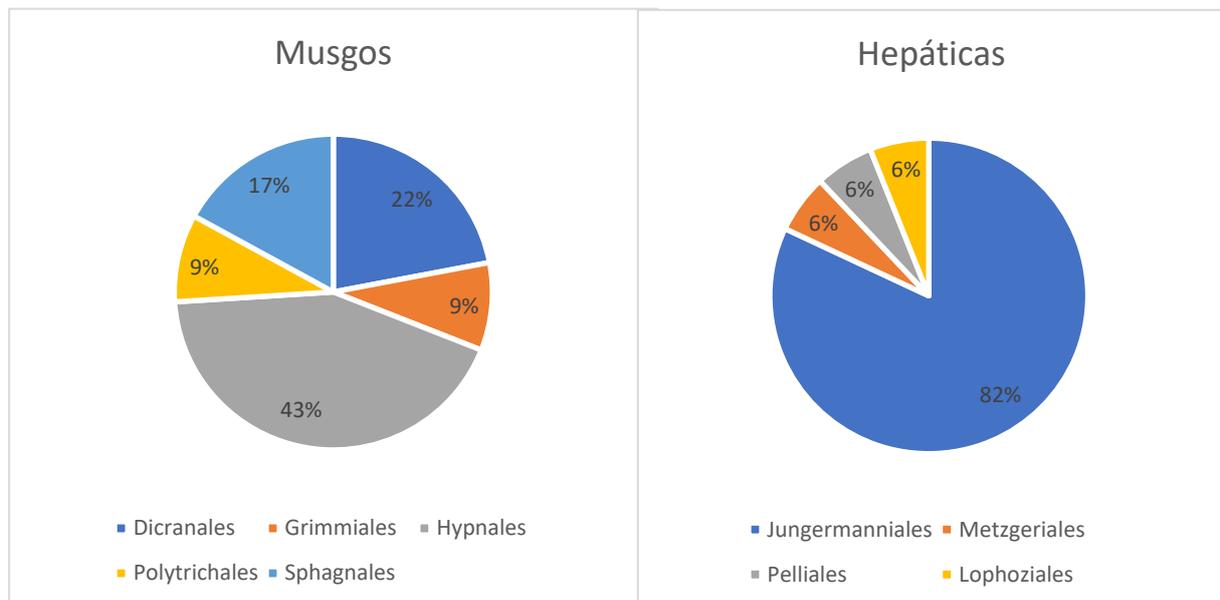


Figura 10. Representación gráfica del porcentaje de los distintos Órdenes de musgos y hepáticas presentes en el valle del Rego Tras da Serra.

Por su parte en las hepáticas, el orden Jungermanniales (82%) es el que agrupa un mayor número de especies, mientras que los Órdenes Metzgeriales (6%), Lophoziales (6%) y Pelliales (6%) incluyen un número de especies mucho menor (Figura 10). El patrón observado es coherente con la gran diversidad de las Jungermanniales frente a los restantes Órdenes, especialmente en zonas de bosque húmedo (Paton, 1999) como los robledales acidófilos galaico-asturianos hiperoceánicos.

El valle del Rego Tras da Serra se encuentra próximo a zonas que se han declarado como de especial interés para la conservación de los briófitos, en concreto la Sierra do Xistral (Garilleti & Albertos, 2012). Esta sierra constituye un importante enclave para la conservación de las turberas de cobertor, cuya flora briofítica fue analizada por Entenza (2019). Si bien ambas zonas son notablemente diferentes desde el punto de vista ecológico, en las turberas de cobertor el patrón taxonómico observado para los musgos es semejante (Entenza, 2019). Asimismo, el valle del Rego Tras da Serra presenta una diversidad de briófitos superior a la obtenida por Entenza (2019). En concreto, se obtuvieron 40 especies de briófitos distribuidas en 9 Órdenes

diferentes en comparación con las 32 especies pertenecientes a 4 Órdenes de las turberas de cobertor. Si bien la diferencia ecológica entre las zonas es notable, nuestros resultados apuntan a que la zona de interés briofítico de la Sierra do Xistral debería ampliarse para incluir las zonas boscosas adyacentes de influencia oceánica como nuestra área de estudio.

Desde el punto de vista corológico, los briófitos recolectados en la zona de estudio pertenecen a 7 regiones biogeográficas diferentes (Dierssen, 2001), pudiendo distinguir de esta forma entre especies polares, boreales, templadas, mediterráneas, tropicales, australes y cosmopolitas (Figura 11). Cabe destacar la gran diversidad de afinidades biogeográficas existentes, que abarcan desde briófitos de óptimo tropical a briófitos de óptimos templados y fríos, si bien las áreas de distribución amplias son comunes en los musgos (Patiño et al., 2014). De hecho, tanto en los musgos como en las hepáticas recolectadas, existe una gran predominancia de especies con afinidades tropicales (28% en musgos y 30% en hepáticas), boreales (19% tanto en musgos como en hepáticas) y polares (23% en musgos y 19% en hepáticas).

El patrón observado se puede relacionar con las características ambientales de los valles profundos cántabro-atlánticos y su historia geológica. Se trata de valles muy influenciados por el carácter oceánico del clima, que actúa como suavizador de las temperaturas, y por la elevada humedad ambiental procedente de la condensación de masas nubosas de Mar Cantábrico, lo que favorece la presencia de un gran número de elementos termófilos (Rodríguez Guitián, 2010). Así, en el valle del Rego Tras da Serra crecen también especies de helechos de afinidades tropicales, como *Culcita macrocarpa* C.Presl, *Hymenophyllum tunbrigense* (L.) Sm. o *Dryopteris aemula* (Aiton) Kuntze (Rodríguez Guitián et al., 2012). Estas especies de afinidad tropical, tanto de briófitos como de helechos, tienen un origen relicto pre-glaciar, ya que estos valles del NW Ibérico actuaron como refugios durante las glaciaciones del Pleistoceno (Rodríguez Guitián, 2010). Las especies que muestran afinidades biogeográficas con regiones frías reflejan probablemente la historia geológica reciente del valle, y especialmente su proximidad a la Serra do Xistral, una zona periglacial durante la última glaciación (Fernández-Mosquera et al., 2000). Una vez más, los helechos muestran un patrón semejante, habiendo especies de afinidad biogeográfica centroeuropea como *Lastrea limbosperma* (All.) Holub & Pouzar (<https://www.gbif.org/>)

Por otra parte, los briófitos con afinidades biogeográficas templadas, mediterráneas, australes y cosmopolitas son menos abundantes en el valle del Rego Tras da Serra, representando en todos los casos menos del 10% del total, a excepción de las hepáticas con afinidades mediterráneas, que representan el 16%. Esto puede deberse a lo afirmado por Rodríguez Guitián (2010) y citado ya anteriormente, de que la condensación de las masas nubosas procedentes del Mar Cantábrico en estos valles atlánticos favorece la presencia de numerosos elementos termófilos.

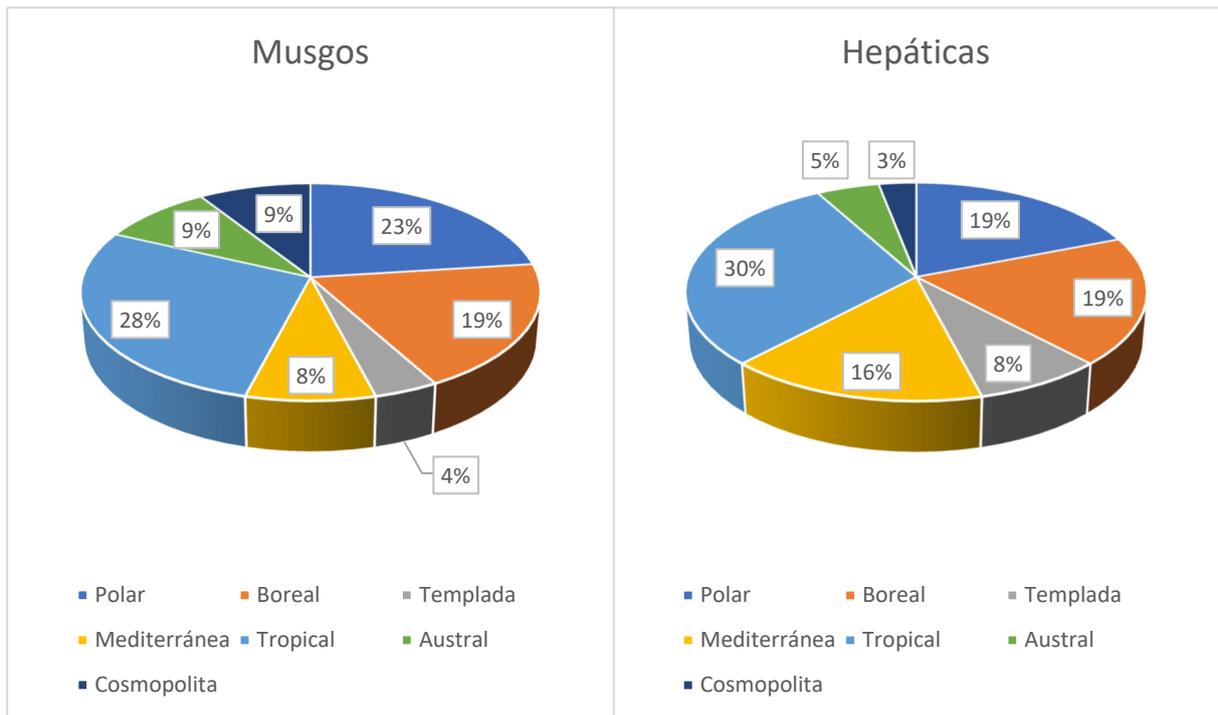


Figura 11. Representación gráfica del porcentaje de las distintas afinidades biogeográficas propias de los musgos y hepáticas recolectadas en la zona de estudio.

Tal y como se indicó anteriormente, tanto los musgos como las hepáticas presentan rangos de distribución más amplios que las fanerógamas, abarcando normalmente más de un continente. Sin embargo, al comparar estos dos grupos se puede apreciar que los musgos son organismos más cosmopolitas debido a su menor exigencia en las condiciones ecológicas para el desarrollo; esto se traduce en que presentan áreas de distribución mucho más amplias que las hepáticas. Dicha afirmación se observa directamente en nuestra zona de estudio, donde la proporción de musgos cosmopolitas (9%) es mayor que la de hepáticas cosmopolitas (3%), que precisan unas condiciones ecológicas más concretas y exigentes. Por ejemplo, entre los musgos cosmopolitas nos encontramos con las especies *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid, *Dicranum scoparium* Hedw., *Leucobryum juniperoideum* (Brid) C. Müll., *Hypnum cupressiforme* Hedw. y *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) Limpr., mientras que entre las hepáticas cosmopolitas solo aparece *Metzgeria furcata* (L.) Dum. En cualquier caso, la gran diversidad de especies con una amplia distribución geográfica incita a pensar en la importancia de la dispersión a larga distancia en los briófitos (Medina et al., 2011; Patiño et al., 2014).

El análisis de la zona del cauce donde aparecen las distintas especies (curso alto y medio-alto frente a curso medio) permite observar diferencias entre las localidades. Se decidió unir lo observado en el curso alto y el medio-alto por su parecido florístico y ecológico. De las 40 especies de briófitos recolectadas e identificadas, 13 se encuentran únicamente en el curso alto (32'5%), 14 en el curso medio (35%) y 13 de manera simultánea en ambos (32'5%). Se puede apreciar un reparto equitativo entre las distintas localidades de recolección, lo que nos podría indicar que determinadas especies podrían estar ligadas al cauce y la pendiente del curso fluvial.

En el caso de los musgos, es importante resaltar la situación del orden Sphagnales (Figura 12), cuyas especies aparecen situadas casi exclusivamente en el curso medio (tan solo la especie *Sphagnum fimbriatum* Wils. aparece también en el curso alto). Esto se debe a que habitualmente se encuentran en pequeños humedales, como por ejemplo en encharcamientos situados en los bordes de arroyos de montaña, propios de zonas donde la pendiente del curso fluvial es menos acusada y permite la formación de pequeños sistemas de aguas estancadas, tal y como ocurre en el curso medio del Rego Tras da Serra. Esto permitiría explicar, en cierta medida, por qué este orden no aparece de manera abundante en zonas altas del valle, donde la mayor pendiente del curso fluvial no permite que se formen estos remansos (Brugués et al., 2007).

Por otra parte, los Órdenes Dicranales e Hypnales (Figura 12) se distribuyen de manera amplia en el curso alto y medio del río. Tal y como se indicó anteriormente, se trata de los Órdenes más abundantes en zonas de bosque, que, junto con su amplio espectro ecológico, provocan un asentamiento en zonas más diversas en comparación con los otros Órdenes. Por último, la escasa representación en el catálogo de los Órdenes Polytrichales y Grimmiales, no permiten extraer unas claras conclusiones sobre su afinidad en relación con el cauce y la pendiente del Rego Tras da Serra.

En lo referido a las hepáticas, casi la mitad de las especies (pertenecientes a los Órdenes Jungermanniales, Lophoziales, Metzgeriales y Pelliales) (Figura 12) se encuentra ligadas exclusivamente al curso alto del río. Una posible razón deriva directamente de su ecología, pues las hepáticas son propias de hábitats rezumantes que proporcionan una elevada humedad atmosférica. Estos hábitats son característicos en el curso alto del Rego Tras da Serra, donde las fuertes pendientes y el gran encajonamiento del curso fluvial, originan frecuentemente zonas con fuertes caídas de agua, que dan lugar a una elevada humedad ambiental. No obstante, este no constituye su único hábitat, por lo que como se muestra en la gráfica (Figura 12), el orden Jungermanniales cuenta con el mismo número de especies distribuidas tanto a lo largo del curso medio como simultáneamente en el curso medio y alto. Esto podría deberse a que se trata del orden más amplio dentro de las hepáticas, por lo que cabría esperar también una mayor representación de las especies que lo conforman en las diferentes zonas del valle.

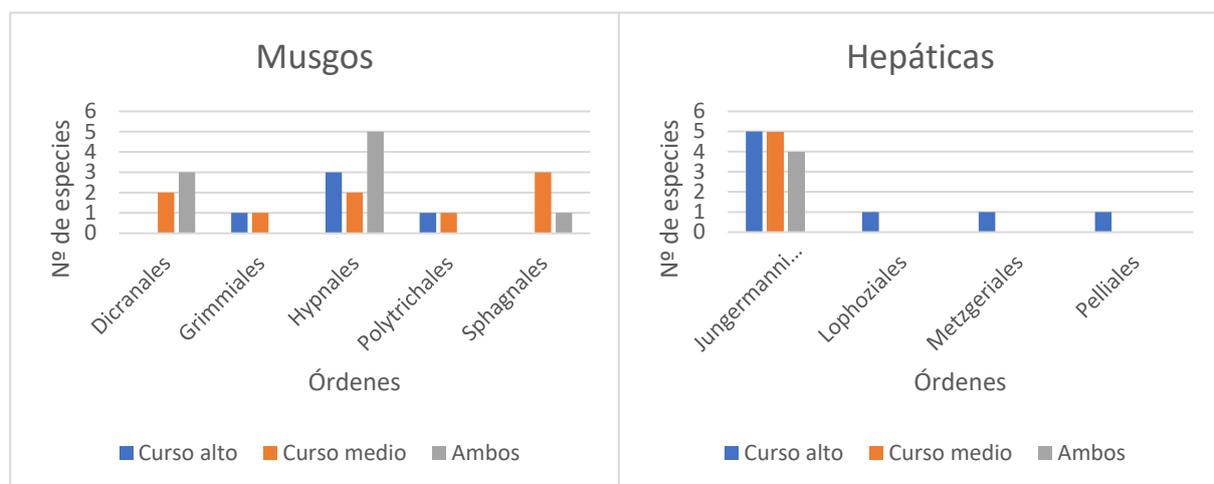


Figura 12. Representación gráfica de la distribución de los diferentes Órdenes de musgos y hepáticas recolectados en las localidades del valle del Rego Tras da Serra.

En lo que respecta a su estrategia vital, se pueden observar una serie de diferencias en función de la localidad a la que pertenezcan. Tanto las hepáticas como los musgos exclusivos del curso alto presentan únicamente tres estrategias vitales: perenne competitiva, colonizadora y colonizadora pionera (Figura 13), lo que podría deberse a las duras condiciones que imperan en estas zonas, donde las fuertes pendientes originan ambientes hostiles que requieren de estrategias vitales ampliamente desarrolladas en la colonización del territorio y la competencia por los recursos. Es decir, se tratan de hábitats altamente inestables, que requieren de estrategias vitales pioneras y competitivas a la hora de establecerse en las cercanías del cauce fluvial. Por último, aquellas especies de musgos y hepáticas características del curso medio presentan en su mayor parte, una estrategia de vida perenne (Figura 13), lo que se traduce en que no son hábitats que impongan condiciones muy restrictivas, sino todo lo contrario, son hábitats muy estables que permiten el desarrollo de especies con estrategias de vida poco competitivas, tal y como es la perenne.

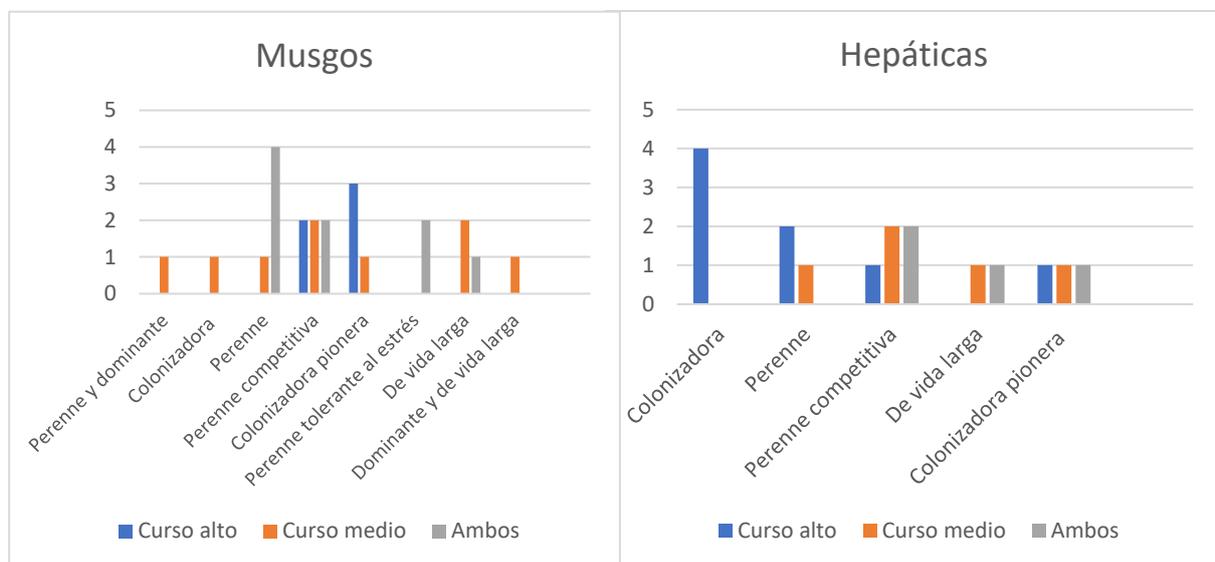


Figura 13. Representación gráfica de la estrategia vital tanto de musgos como de hepáticas en función de la localidad a la que pertenezcan.

En relación con su tolerancia al pH edáfico, tal y como se puede apreciar en el catálogo, la gran mayoría de las especies son acidófilas o ligeramente subneutrófilas, lo que se relaciona con el fuerte carácter ácido de los suelos de la zona, provocado por la erosión de la roca madre (silíceo) subyacente (<http://rgis.cesga.es/>).

Por último, otro de los objetivos de este trabajo era el de comprobar si en la zona de estudio aparecen especies de valor desde un punto de vista conservacionista. De las 40 especies de briófitos que se incluyen en el catálogo, 4 de ellas se encuentran amenazadas bajo la categoría de vulnerable (VU) según el *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España* (Garilleti & Albertos, 2012). Se trata de los musgos *Pseudotaxiphyllum laetevirens* (Koppe & Düll) Hedenäs. y *Sphagnum molle* Sull. y las hepáticas *Calypogeia neesiana* (Mass. & Carest.) K. Müll y *Telaranea europaea* J.J. Engel & G.L. Merr. No obstante, también se podrían incluir en esta lista, otras especies de briófitos presentes en el catálogo, que según el *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España* pueden considerarse como casi amenazados (NT) y

preocupación menor (LC) (Garilleti & Albertos, 2012). Tal es el caso de los musgos *Dicranum scoparium* Hedw., *Rhabdoweisia fugax* (Hedw.) B., S. & G., *Racomitrium aciculare* (Hedw.) Brid., *Racomitrium aquaticum* (Schrad.) Brid., *Pseudotaxiphyllum elegans* (Brid.) Iwats., *Polytrichastrum formosum* Hedw., *Polytrichum commune* Hedw. y *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) Limpr. y las hepáticas *Diplophyllum albicans* (L.) Dum. y *Plagiochila punctata* Tayl. (Garilleti & Albertos, 2012).

A pesar de que sería necesario realizar análisis más exhaustivos del valle del Rego Tras da Serra, en este estudio se ha encontrado una cantidad bastante elevada de especies de valor según su grado de conservación. Por ello, de igual forma que Rodríguez Guitián et al. (2012) reclaman un espacio natural protegido para A Fraga Gorda por su riqueza pteridofítica, la presencia de diversas especies de briófitos de gran valor de conservación en el valle del Rego Tras da Serra y la mayor diversidad específica de esta zona en comparación con otras reconocidas de especial interés de briófitos, como la Sierra do Xistral, suponen varios motivos para realizar estudios de mayor calibre en la zona que puedan hacer que en un futuro este valle sea reconocido como espacio protegido. La realización de este tipo de estudios ha sido reclamada como una prioridad por distintos investigadores especializados en la conservación de la brioflora ibérica (Albertos et al., 2018).

6. CONCLUSIONES

1. De igual modo que se demostró con su flora pteridofítica, el valle del Rego Tras da Serra constituye un importante punto de reunión de briófitos con afinidades geográficas muy diversas, predominando aquellos tropicales, boreales y polares.
2. En comparación con otras zonas reconocidas de especial interés por su flora briofítica, como la Sierra do Xistral, el valle del Rego Tras da Serra parece presentar una mayor biodiversidad en relación con su brioflora, pudiendo ser considerada en un futuro, como zona de interés.
3. Con respecto a su distribución en el valle, las hepáticas parecen presentar una mayor afinidad por las zonas de curso alto, mientras que los musgos, más cosmopolitas, se distribuyen de manera más o menos equitativa entre los cursos alto, medio y simultáneamente en ambos.
4. En relación con la estrategia vital, parece existir una mayor relación por la estrategia colonizadora en las zonas de curso alto, fruto de la inestabilidad que caracteriza a los hábitats mientras que aquellas que se sitúan en la zona media presentan un rango más amplio de estrategias, predominando la perenne, como resultado de la mayor estabilidad de las zonas.
5. Dentro de la zona de estudio se han podido encontrar varias especies de musgos y hepáticas incluidas en el *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España*. Aun así, es necesario ampliar los esfuerzos encaminados al estudio de la brioflora dentro

del valle, pero a priori constituye un importante lugar tanto para la flora briofítica como petridofítica amenazada.

Conclusions

1. Just as it was demonstrated with its pteridophytic flora, the valley of Tras da Serra river constitutes an important meeting point for bryophytes with very diverse geographical affinities, predominantly tropical, boreal and polar.
2. The Rego Tras da Serra valley presents higher bryophytic diversity than other areas recognised as being of special interest for Bryophyte conservation, such as Serra do Xistral.
3. With regard to their distribution in the valley, liverworts seem to have a greater affinity for the upper section of the river, whereas mosses, which are more cosmopolitan, are more or less equally distributed between the upper and middle sections.
4. In relation to the vital strategy, there seems to be a greater relationship for the colonising strategy in the upper section of the river as a result of the instability that characterises the habitat. Conversely, species in the middle section of the river present a wider range of strategies, mostly perennial, as a result of the greater stability of the area.
5. We found several protected species in the study area. More efforts should be put in the study of the the bryoflora of the Rego de Tras da Serra valley, but the diversity found so far renders it a promising region for Bryophytes.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. Artículos y libros.

- Albertos, B., Garilletti, R., Heras, P., & Infante, M. (2018). On the mend of Bryophyte conservation in Spain: preparing a proposal for the inclusion of Bryophytes in national species protection catalogues. *Mediterranean Botany*. 39: 119-128.
- Alberruche del Campo, E. (1992). Cabecera del río Sor. Caracterización de su medio físico. *Boletín geológico y minero*. 103 (4): 110-125.
- Arce Duarte, J.M. & Fernández Tomás, J. (1976). *Mapa geológico de España. Escala 1:50.000: Viveiro. Hoja 8 [Mapa]*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Atherton, I., Bosanquet, S. & Lawley, M. (2010). *Mosses and liverworts of Britain and Ireland. A field guide*. British Bryological Society. Plymouth.
- Bañares, A., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J.C., & Ortiz, S. (2004). *Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España*. Dirección general para la Biodiversidad. Madrid.

- Bennici, A. (2008). Origin and early evolution of land plants: Problems and considerations. *Communicative & Integrative Biology*. 1 (2): 212-218.
- Brugués, M., Cros, R.M., & Guerra, J. (2007). *Flora Briofítica Ibérica Vol. I*. Universidad de Murcia/Sociedad Española de Briología. Murcia.
- Brugués, M., & Guerra, J. (2015). *Flora Briofítica Ibérica Vol II*. Universidad de Murcia/Sociedad Española de Briología. Murcia.
- Casas, C., Bruges, M., Cros, R.M. & Sergio, C. (2009). *Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands*. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona
- Casas de Puig. (1982). *Valentine Allorgue (1888-1977). Su contribución a la brioflora española. Acta Botánica Malacitana*. 7: 39–44.
- Decreto 88/2007, de 9 de Mayo, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Galicia. Diario Oficial de Galicia. D.O.G. N° 89 de 09.05.2007.*
- Delgadillo, C., & Cárdenas, M.A. (1990). *Manual de briofitas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Distrito Federal, México.
- Díaz, T.E., Fernández-Carvajal, M.C. & Fernández, J.A. (2004). *Curso de Botánica*. Trea Ciencias. Oviedo.
- Dierssen, K. (2001). *Distribution, Ecological Amplitude and Phytosociological Characterization of European Bryophytes*. J. Cramer. Stuttgart.
- Entenza, R. (2019). Estudios de conservación en las turberas de cobertor de la Serra do Xistral: búsqueda de bioindicadores de presión ganadera en las comunidades vegetales. Trabajo de fin de grado. Universidade da Coruña. A Coruña.
- Estébanez, B., Draper, I., & Medina, R. (2011). Briófitos : una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. *Memorias de La Real Sociedad Española de Historia Natural, Segunda Época*. 9: 19-73.
- Feldberg, K., Schneider, H., Stadler, T., Schäfer-Verwimp, A., Schmidt, A. R., & Heinrichs, J. (2014). Epiphytic leafy liverworts diversified in angiosperm-dominated forests. *Scientific Reports*. 4: 5974.
- Fernández Mosquera, D., Marti, K., Vidal Romaní, J.R., & Weigel, A. (2000). Late Pleistocene deglaciation chronology in the NW of the Iberian Peninsula using cosmic-ray produced ²¹Ne in quartz. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 172 (1): 832-837.
- Fernández Vega, V. (1998). Flujo de precipitación, pluviolavado y escorrentía en la cuenca alta del río Sor. Aplicación de un balance de elementos al estudio de los efectos de la deposición atmosférica. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.
- Frey, W., Stech, M., & Fischer, E. (2009). *Syllabus of plant families. Part 3. Bryophytes and seedless vascular plants*. 13th ed. Borntraeger.
- Garilleti, R., & Albertos, B. (2012). *Atlas y Libro Rojo de los Briófitos Amenazados de España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Geffert, J. L., Frahm, J. P., Barthlott, W., & Mutke, J. (2013). Global moss diversity: Spatial and taxonomic patterns of species richness. *Journal of Bryology*. 35 (1): 1-11.

- Grodzińska, K., & Szarek-Lukaszewska, G. (2001). Response of mosses to the heavy metal deposition in Poland - An overview. *Environmental Pollution*. 114 (3): 443-451.
- Guerra, J., Brugués, M., Cano, M.J., & Cros R.M. (2010). *Flora Briofítica Ibérica Vol IV*. Universidad de Murcia/Sociedad Española de Briología. Murcia.
- Guerra, J., Cano, M.J., & Brugués, M. (2014). *Flora Briofítica Ibérica Vol. V*. Universidad de Murcia/Sociedad Española de Briología. Murcia.
- Guerra, J., & Cros, R.M. (2006). *Flora Briofítica Ibérica Vol. III*. Universidad de Murcia/Sociedad Española de Briología. Murcia.
- Guerra, J., & Hedenäs, L. (2018). *Flora Briofítica Ibérica Vol. VI*. Universidad de Murcia/Sociedad Española de Briología. Murcia.
- Hallingbäck, T., & Hodgets, N. (2001). *Mosses, Liverworts, and Hornworts. Status Survey and Conservation Action Plan for Bryophytes*. Oryx. Doha.
- Heinrichs, J., Hentschel, J., Wilson, R., Feldberg, K., & Schneider, H. (2007). Evolution of leafy liverworts (Jungermanniidae, Marchantiophyta): Estimating divergence times from chloroplast DNA sequences using penalized likelihood with integrated fossil evidence. *Taxon*. 56 (1): 31-44.
- Hernick, L.V., Landing, E. & Bartowski, K.E. (2008). Earth's oldest liverworts-*Metzgeriothallus sharonae* sp. nov. from the Middle Devonian (Givetian) of eastern New York, USA. *Review of Paleobotany and Palynology*. 148 (2): 154-162.
- Hodgets, N.G. (2015) *Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe*. Irish Wildlife Manuals. Nº. 84. National Parks & Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht. Dublin.
- Infante Sánchez, M., & Heras Pérez, P. (2005). Bryophytes in the Spanish law. *Boletín de la Sociedad Española de Briología*. 26-27: 5-16.
- Izco, J., Amigo, J., & Guitián, J. (1990). Los robledales Galaico-Septentrionales. *Acta Botánica Malacitana*. 15: 267–276.
- Laenen, B., Shaw, B., Schneider, H. et al. (2014). Extant diversity of bryophytes emerged from successive post-Mesozoic diversification bursts. *Nature Communications*. 5: 5134.
- Ligrone, R., Duckett, J. G., & Renzaglia, K. S. (2000). Conducting tissues and phyletic relationships of bryophytes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*. 355 (1398): 795-813.
- Macías Vázquez, F. & Calvo De Anta, R. (2011). Los suelos. *Atlas de Galicia*. 1: 642-2001.
- Medina, N. G., Draper, I., & Lara, F. (2011). Biogeography of mosses and allies: Does size matter?. In Fontaneto, D. (ed.). *Biogeography of Microscopic Organisms is Everything Small Everywhere?*. Cambridge University Press. Cambridge. Pp. 209-233.
- Merget, B., & Wolf, M. (2010). A molecular phylogeny of Hypnales (Bryophyta) inferred from ITS2 sequence-structure data. *BMC Research Notes*. 3: 320.
- Nabors, M. W. (2006). *Introducción a la Botánica*. Pearson. Madrid.

- Newton, A.E., & Tangney, R.S. (2008). *Pleurocarpous mosses. Systematics and Evolution*. Taylor & Francis. Boca Raton.
- Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. BOE-A-2008-15340. (2008).
- Patiño, J., Carine, M., Fernández-Palacios, J.M., Otto, R., Schaefer, H., & Vanderpoorten, A. (2014). The anagenetic world of spore-producing land plants. *New Phytologist*. 201(1): 305-311.
- Paton, J.A. (1999). *The Liverwort flora of the British Isles*. Harley Books. Colchester.
- Peinado Lorca, M. & Rivas-Martínez, S. (1987). *La vegetación de España*. Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares.
- Ponte Hernando, F., Rego Lijó, I., Álvarez Fernández de Arroyabe, N., & González Castroagudín, S. (2016). Discurso de las Armas y las Ciencias: el Coronel Médico D. Antonio Casares Gil (1871-1929). *Sanidad Militar*. 72 (2): 131-146.
- Puche, F. (2007). Biografía y bibliografía de Creu Casas. *Boletín de La Sociedad Española de Briología*, 30: 3-18.
- Ramil Rego, P., & Aira Rodríguez, M.J. (1996). Caracterización de la vegetación en las Sierras septentrionales de Galicia desde el final del Tardiglaciario. *Botánica Macaronésica*. 23: 255-268.
- Reinoso Franco, J. (1984). Contribución al conocimiento de la flora briofítica de Galicia. Briófitos de la Fraga de Caaveiro. I. Musgos. *Lazaroa*. 6: 237-247.
- Reinoso Franco, J. (1985). Contribución al conocimiento de la flora briofítica de Galicia. Briófitos de la Fraga de Caaveiro. II. Hepáticas. *Acta Botánica Malacitana*. 10, 17-26.
- Reinoso Franco, J., & Rodríguez Oubiña, J. (2002). Lista Roja de los Briófitos de Galicia (NO de España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*. 12: 83-93
- Rezanezhad, F., Price, J. S., Quinton, W. L., Lennartz, B., Milojevic, T., & Van Cappellen, P. (2016). Structure of peat soils and implications for water storage, flow and solute transport: A review update for geochemists. *Chemical Geology*. 429: 75-84.
- Rivas-Martínez, S., Gandullo Gutiérrez, J. M., Allué Andrade, J. L., Montero de Burgos, J. L., & González Rebollar, J. L. (1987). *Memoria del Mapa de series de vegetación de España 1:400.000. Serie Técnica*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Rodríguez Guitián, M. (2010). Aportación sobre a tipoloxía e composición florística dos bosques mesófilos de quercíneas do occidente da Cornixa Cantábrica (NW Ibérico). *Recursos Rurais: Revista Oficial Do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)*. 6: 35-73.
- Rodríguez Guitián, M., Ferreiro da Costa, J., Ramil Rego, P., & Lijó Pose, G. (2012). Caracterización ambiental, demografía y amenazas para su conservación de la población lucense de *Culcita macrocarpa* C. Presl. (NW ibérico). *Recursos Rurais: Revista Oficial Do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)*. 7: 15-25.
- Rodríguez Guitián, M. & Ramil Rego, P. (2007). Clasificaciones climáticas aplicadas a Galicia: revisión desde una perspectiva biogeográfica. *Recursos Rurais: Revista Oficial Do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvemento Rural (IBADER)*. 3: 31-53.

- Rodríguez Guitián, M. & Ramil Rego, P. (2008). Fitogeografía de Galicia (NW Ibérico): análisis histórico y nueva propuesta corológica. *Recursos Rurais: Revista Oficial Do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)*. 4: 19-50.
- Sérgio, C., Brugués, M., Cros, R. M., Casas, C., & Garcia, C. (2007). The 2006 red list and an updated checklist of bryophytes of the Iberian Peninsula (Portugal, Spain and Andorra). *Lindbergia*. 31 (3): 109-125.
- Sérgio, C., Casas, C., Brugués, M. & Cros, R.M. (1994). *Red List of Bryophytes of Iberian Peninsula*. Museu, Laboratório e Jardim Botánico. Instituto da Conservação da Natureza. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Stanković, J. D., Sabovljević, A. D., & Sabovljević, M. S. (2018). Bryophytes and heavy metals: A review. *Acta Botanica Croatica*. 77 (2): 109-118.
- Stenøien, H. K. (2008). Slow molecular evolution in 18S rDNA, rbcL and nad5 genes of mosses compared with higher plants. *Journal of Evolutionary Biology*. 21 (2): 566-571.
- Villarreal, J. C., Cargill, D. C., Hagborg, A., Soderstrom, L., & Renzaglia, K. S. (2014). A synthesis of hornwort diversity: Patterns, causes and future work. *Phytotaxa*. 9 (1): 150-166.

7.2. Páginas web

- Biblioteca digital del Real Jardín Botánico. *Flora ibérica. Briófitas (1ª y 2ª parte)*. [online] Disponible en <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/11232-flora-iberica-briofitas?offset=3> [Consultado 12 de abril 2020].
- Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda (Xunta de Galicia): *Catálogo Galego de Especies Ameazadas*. [online] Disponible en https://cmatv.xunta.gal/seccion-organizacion/c/DX_Conservacion_Natureza?content=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Biodiversidade/seccion.html&sub=Especies_ameazadas/ [Consultado 17 de mayo 2020].
- Consello da Cultura Galega. *Álbum de Galicia: Antonio Casares*. [online] Disponible en <http://consellodacultura.gal/album-de-galicia/detalle.php?persoa=730> [Consultado 7 de abril 2020].
- Deutsche Digitale Bibliothek [online] Disponible en <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/person/gnd/130652865?query=johann+HEdwig> [Consultado 21 de abril 2020].
- Flora Briofítica Ibérica. [online] Disponible en <http://www.florabriofiticaiberica.com/> [Consultado 10 de abril 2020].
- Global Biodiversity Information Facility: *Lastrea limbosperma* (All.) Holub & Pouzar. [online] Disponible en <https://www.gbif.org/es/species/8393555> [Consultado 15 de junio 2020].
- Herbario de Jaca (CSIC). *Una ciencia para los musgos y hepáticas: la Briología*. [online] Disponible en <http://floragon.ipe.csic.es/introbrio4.php> [Consultado 12 de abril 2020].
- Información Xeográfica de Galicia: visualizador de mapas [online] Disponible en <http://mapas.xunta.gal/visores/basico/> [Consultado 19 de mayo 2020].
- Instituto Geológico y Minero de España: cartografía geológica [online] Disponible en

<https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=8&language=es>
[Consultado 29 de mayo 2020].

Propiedade Solos de Galicia: litoloxía. [online] Disponible en <http://rgis.cesga.es/> [Consultado 3 de junio 2020].

Servicio Meteorológico de la Xunta de Galicia [online] Disponible en <https://www.meteogalicia.gal/observacion/estacionshistorico/historico.action?idEst=10162> [Consultado 5 de mayo 2020].