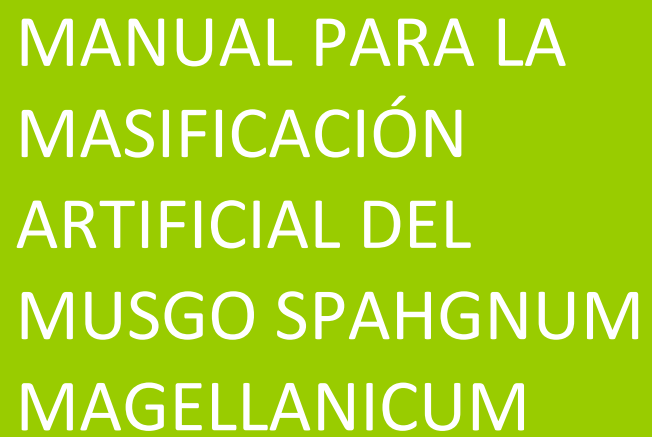
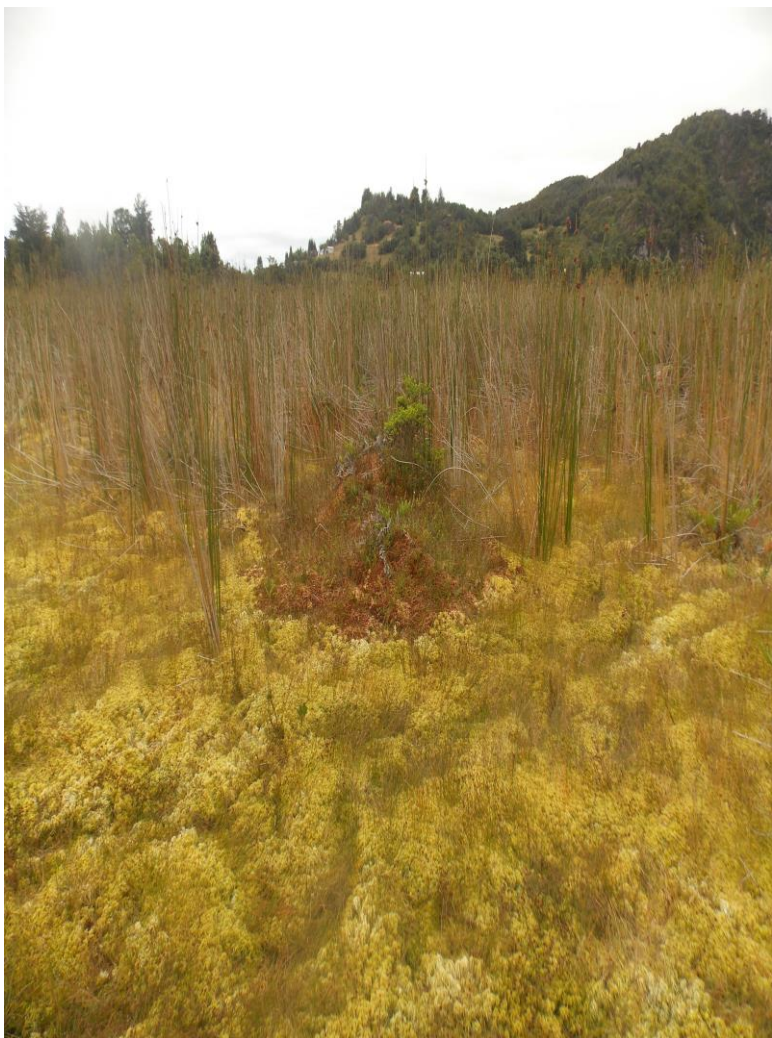




Presentación

El presente manual tiene el propósito de compartir con todos los actores que desarrollan actividades ya sea productivas o de conservación en torno al uso del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. (pompon) los principales resultados, experiencias y lecciones aprendidas durante la ejecución del proyecto PYT-2012-0087 “Plan Piloto de Masificación Artificial del Musgo *Sphagnum*”, iniciativa financiada por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), y cuyo objetivo general fue implementar un plan piloto de producción artificial del musgo *Sphagnum*, orientado a pequeños productores de la Región de Los Lagos, para generar una producción de calidad y sustentable del recurso.

Se espera que la información presentada en este documento sea de utilidad y tomada como referencia para aquellos pequeños productores del musgo *Sphagnum* o propietarios de turberas donde crece y se desarrolla esta planta, y que deseen iniciar un proceso de producción ex situ de este recurso natural. En él se entrega información de las experiencias llevadas a cabo en el proyecto y que han permitido, mediante un proceso de aprendizaje continuo, establecer elementos claves para el crecimiento del musgo en condiciones distintas a las naturales, permitiendo de este modo una restricción en su extracción indiscriminada y fomentando su conservación y uso sustentable.



1. ANTECEDENTES GENERALES

El musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. corresponde a una planta terrestre no vascular (briófita) perteneciente al género *Sphagnum*. Este género tiene una amplia distribución mundial, creciendo y desarrollándose mas favorablemente en ecosistemas húmedos, siendo mas abundante en zonas boreales y la porción templada fría del hemisferio norte, donde es la vegetación dominante de los humedales.

Los briófitos son considerados como un grupo de plantas crucial en la transición a tierra de la vida fotosintética. La importancia de los briófitos no es solamente evolutiva, ya que este grupo es el segundo mas diversificado del planeta, muy por delante de las gimnospermas y del los pteridófitos), y aunque raramente dominan en cuanto a biomasa los ecosistemas, juegan un papel estabilizador recientemente conocido. De ser los grandes olvidados entre las plantas, han pasado en los últimos años a atraer gran número de estudios por su potencial en biotecnología y bioindicación (Estébanez et al., 2011). Las principales funciones ecológicas que cumplen los briófitos se pueden resumir en las siguientes:

- Son plantas pioneras, crecen sobre roca desnuda y ayudan en la formación de suelo.
- Son capaces de reducir la erosión al cubrir el suelo de una cubierta vegetal.
- En ecosistemas de bosques controlan el ciclo hídrico actuando como esponjas que retienen y liberan lentamente el agua.
- Captan y retienen metales pesados desde el suelo y aire
- Influyen en la sucesión ecosistémica a través de la “terresterización” de los cuerpos de agua
- La colonización de la briófitas precede el establecimiento de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas.
- Proporcionan hábitat a otros organismos como cianófitas y pequeños insectos
- Sirven como indicadores de contaminación y degradación ambiental.

1.1 Los ecosistemas de turberas

Como se ha señalado, el musgo *Sphagnum magellanicum* crece de preferencia en sitios anegados por el agua conocidos como turberas. Estos ecosistemas corresponden a humedales que se distribuyen en altas latitudes en ambos hemisferios, aunque también pueden encontrarse en zonas tropicales (Figura 1), y se formaron a partir del último máximo glacial (18 mill. años AP). Se encuentran en aquellos lugares donde la precipitación anual es alta (entre 800 y 6000 mm) y la evaporación es baja, en áreas frías y húmedas. Se caracterizan por presentar un nivel freático muy cercano a la superficie con

pequeñas fluctuaciones estacionales. En Chile, la turberas se encuentran desde la Región de La Araucanía hasta la Región de Magallanes (Díaz et al, 2015), siendo esta última la región con mayor abundancia de este tipo de ecosistema (Figura 2), estimándose en alrededor de un 17% de su superficie terrestre (Domínguez y Vega-Valdés, 2015).

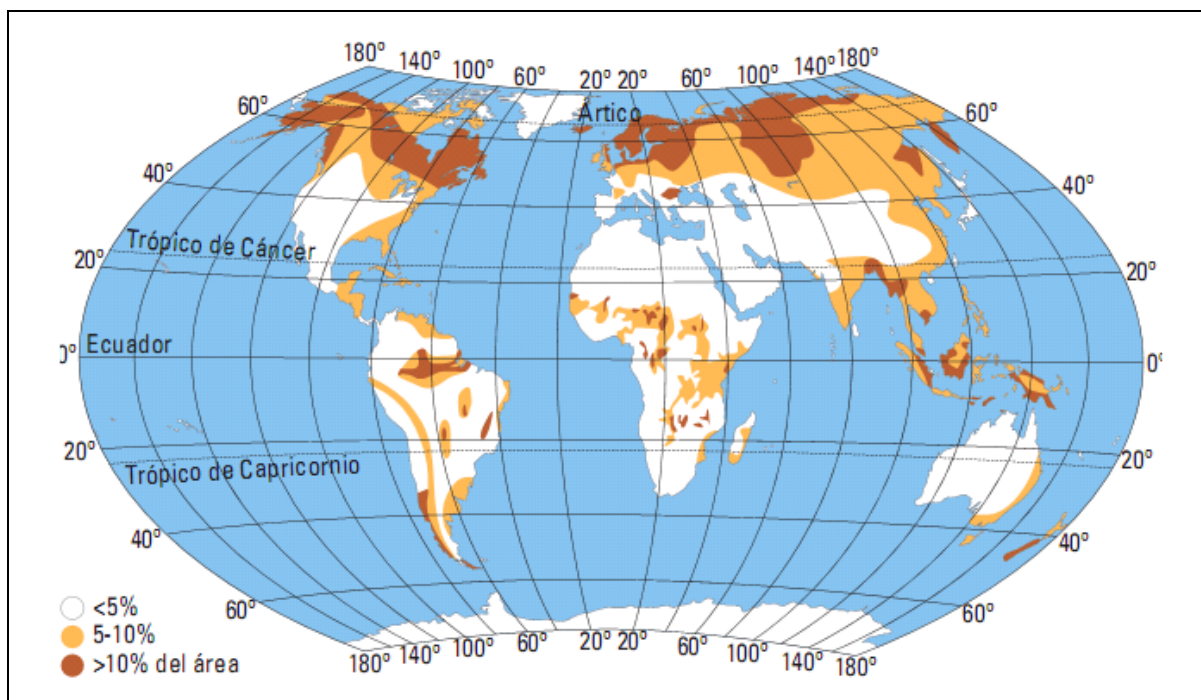


Figura 1. Distribución de los ecosistemas de turberas en el mundo. Fuente: Lappalainen, 1996; citado por Díaz, et al. 2015.



Figura 2. Ocurrencia de turberas en Chile. Modificado por Leon (2012) de Blanco y De la Balze (2004).

Tal como se indicó, la región de Magallanes presenta la mayor superficie de turberas. Del 17% del territorio que cubren este tipo de formaciones en la región, el 83% se encuentra en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas de Estado (SNASPE). En tanto para la región de Los Lagos se realizó un estudio solicitado por ODEPA el año 2007 en tres provincias de la región: Llanquihue, Chiloé y Palena, en el cual se utilizó interpretación de fotografías satelitales. Los resultados de esos antecedentes se presentan en el cuadro 1

Cuadro 1. Superficie (hectáreas) cubierta por turberas por provincia en la región de Los Lagos

Provincia	Privada			Fiscal			Superficie total
	Sin protección	Con protección	Total	Sin protección	Con protección	Total	
Chiloé	5.865,1	0,5	5.865,7	5.183,8	29,8	5.213,6	11.079,3
Llanquihue	2.072,5	0,0	2.072,5	3.039,1	0,0	3.029,1	5.101,6
Palena	193,3	0,0	193,3	236,4	0,0	236,4	429,6
TOTAL	8130,9	0,5	8131,5	8.449,3	29,8	8.479,1	16.610,5

Fuente: Geosoluciones (2007)

Las turberas se caracterizan por corresponder a ambientes terrestres en los cuales la producción primaria neta excede la descomposición de la materia orgánica (Díaz, et al, 2015). El proceso de descomposición de la materia orgánica es muy lento debido a que se producen una serie de condiciones restrictivas que son propias de este tipo de ambientes tales como una baja concentración de oxígeno (anoxia), anegamiento permanente, pH ácido, bajas temperaturas y baja disponibilidad de nutrientes. Esta situación provoca que se acumulen de manera sucesiva capas de materia orgánica semidescompuesta que va formando la turba.

Existen dos procesos por los cuales se forman las turberas los cuales son conocidos como la terresterización y la paludificación. En la primera de ellas el origen se deriva de un relleno progresivo de un cuerpo de agua (lago o laguna), donde la vegetación va invadiendo desde los bordes. En el segundo caso la turba se acumula sobre la superficie mineral, plana o ligeramente convexa, donde la elevada cantidad de precipitación y la saturación del sustrato son los responsables de las restricciones en la descomposición de la materia orgánica (Díaz, et al. 2015). No obstante el proceso mas común que explica la formación de las turberas se relaciona con el avance y posterior retroceso de grandes masa de hielo conocidas como glaciares, los cuales forman un paisaje caracterizado por depresiones rellenas con material sedimentario (Hauser, 1996). Este tipo de turberas son denominadas como naturales (Figuras 3 y 4). Por otra parte existe un tipo de turbera denominada como secundaria, y su principal característica es que se han formado a partir de intervenciones antrópicas que han degradado ecosistemas originales tales como incendios y tala de bosques nativos sobre zonas inundables o con drenaje pobre (Domínguez, 2015 b) caracterizadas por la presencia de suelos de origen fluvio glaciales sedimentados sobre grava y arena donde el principal factor que genera el anegamiento corresponde al desarrollo de una capa de óxidos de hierro y aluminio denominada fierrillo y que se transforma en una verdadera capa cementante que limita el percolación y la infiltración del agua provocando el anegamiento (Figuras 5 y 6). Este tipo de turberas es común de encontrar en la región de Los Lagos, en la provincia de Llanquihue y en toda la Isla grande de Chiloé. A su vez las turberas naturales son características de la zona más austral del país en la región de Magallanes

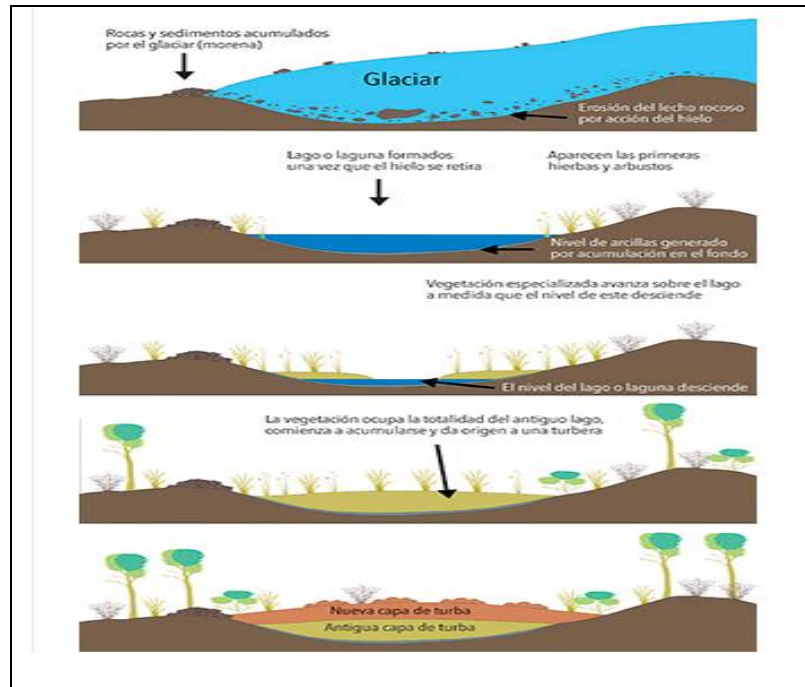


Figura 3. Proceso de origen de una turbera natural.



Figura 4. Turbera natural en el Parque Karukinka, Tierra del Fuego.

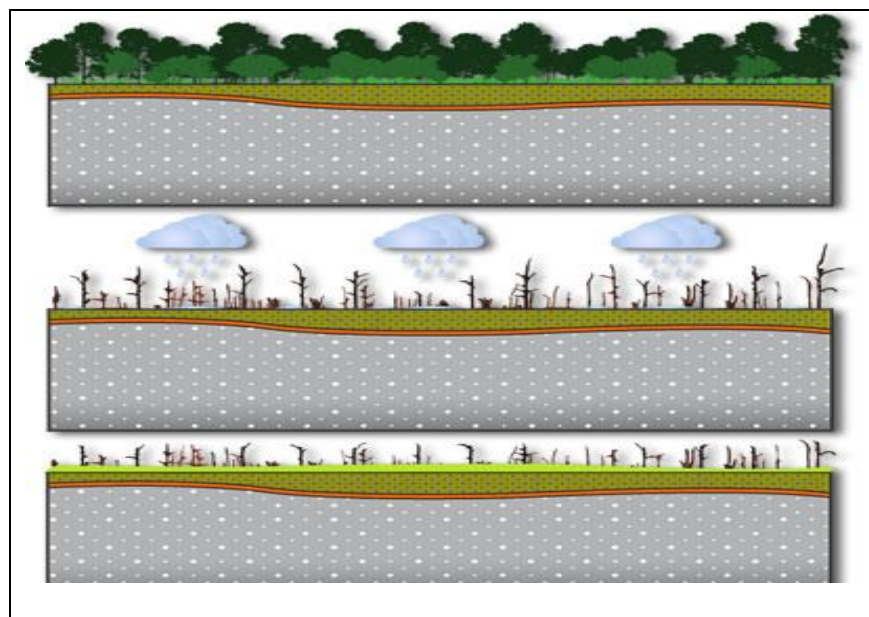


Figura 5. Proceso de origen de una turbera secundaria.



Figura 6. Turbera secundaria en el sector Chadmo, comuna de Quellón. Isla Grande de Chiloé.

Una turbera se caracteriza estructuralmente por presentar dos capas funcionales (Figura 7). La capa superior es conocida como **acrotelmo** y corresponde a aquella zona biológicamente activa ya que en ella se pueden desarrollar plantas hidrófilas, principalmente especies de musgos del género *Sphagnum*. Su profundidad esta determinada por el nivel freático, pudiendo llegar a los 0,3 a 0,5 m. Se caracteriza además por corresponder a una zona con mayor concentración de oxígeno disuelto (aeróbica) y de

conductividad eléctrica y en ella se desarrollan procesos relacionados con la fijación de carbono y la descomposición de la materia orgánica por microorganismos aeróbicos. . A su vez la capa inferior corresponde al **catotelmo**, la cual se encuentra en un estado de anegamiento permanente, por lo que en esta sección la materia orgánica es descompuesta por organismos anaeróbicos resultando un proceso muy lento de descomposición. En esta sección se va acumulando la materia orgánica semidescompuesta a una tasa menor a 1 mm/año (Iturraspe, 2010), generando una capa de turba característica de estos ecosistemas.

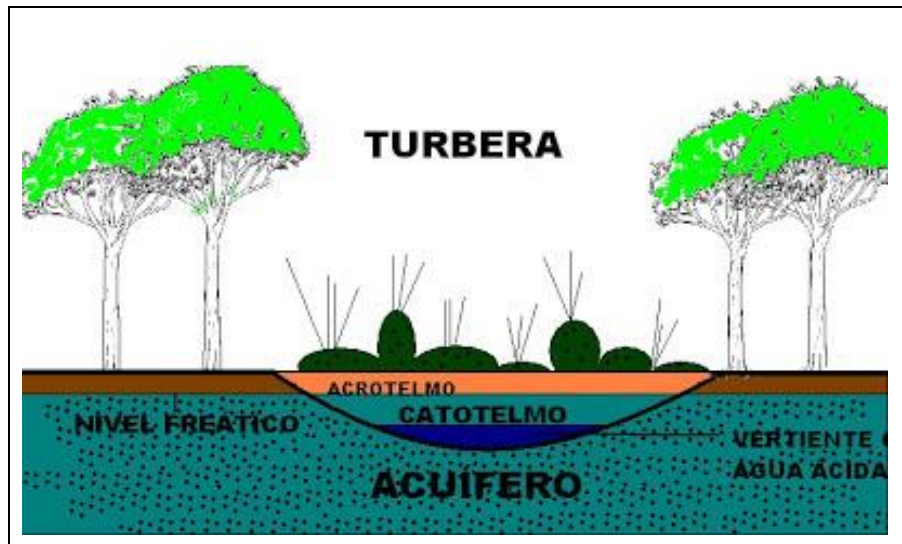


Figura 7. Estructura de una turbera. Diferenciación entre Acrotelmo y Catotelmo.

De acuerdo a Ivanov (1981) las principales características del acrotelmo y catotelmo corresponden a las siguientes:

Acrotelmo

- Activo intercambio de humedad con la atmósfera y el área periférica
- Frecuentes fluctuaciones del nivel de agua libre y variabilidad del contenido de humedad
- Elevada conductividad hidráulica que decrece rápidamente con la profundidad
- Acceso de aire a los poros en forma periódica al descender el nivel del agua
- Presencia de bacterias aeróbicas y microorganismos que facilitan la descomposición y transformación de la vegetación
- Presencia de una cubierta de vegetales vivos en el nivel superficial.

Catotelmo

- Contenido de humedad constante en el tiempo, o sujeto a muy pequeñas modificaciones.
- Muy reducido intercambio de flujo con el estrato mineral subyacente y con la periferia
- Muy baja conductividad hidráulica, inferior al acrotelmo en 3 a 5 órdenes de magnitud.
- No hay acceso de oxígeno atmosférico a los poros
- No hay presencia de microorganismos aeróbicos. Otros tipos de organismos se presentan en una cantidad muy reducida en comparación con el acrotelmo.

Según Díaz et al. (2015) las turberas pueden clasificarse de acuerdo a varios aspectos, dentro los cuales los mas utilizados se relacionan con el origen del agua que las abastece y de acuerdo a las comunidades vegetales dominantes. En el primer caso se pueden encontrar 3 tipos: Turberas Ombróticas, donde el agua que las alimenta proviene exclusivamente de las precipitaciones; Turberas Minerotróficas, las cuales reciben aportes hídricos de aguas superficiales, subterráneas o de ambas; y finalmente las Turberas de Transición, las cuales presentan una situación intermedia entre las ombrotóricas y las minerotróficas. En relación a la segunda clasificación se pueden diferenciar 3 tipos de turberas:

Turberas de *Sphagnum*: las cuales están dominadas por una cubierta vegetal compuesta por cojines del musgo *Sphagnum magellanicum*, acompañados de otras especies de briófitas como *Sphagnum fimbriatum* además de juncaceas, arbustos y árboles de menores dimensiones.

Turberas Graminoides: las cuales son dominadas por especies similares a gramíneas como ciperáceas y juncáceas de los géneros *Carex*, *Schoenus* o *Carpha*, los cuales están asociados a briófitas, líquenes y árboles.

Turberas Pulvinadas: son dominadas por plantas que se desarrollan en forma de cojines compactos y duros como *Donatia fascicularis* y *Astelia pumila*, asociándose con otras especies de briófitas herbáceas y arbustivas.

Uno de los recursos mas apetecidos por las personas es la obtención de turba y musgo desde éstos ambientes. Conceptualmente la turba debe ser entendida como un sedimento natural de tipo fitógeno, poroso, no consolidado, constituido por materia orgánica parcialmente descompuesta, acumulado en un ambiente saturado de agua (Hauser, 1996) La turba es considerada como un estado primario en la formación del carbón, por lo que su uso más tradicional ha sido el energético, sobre todo aquel tipo de turba conocida como turba negra. En algunos países europeos, la turba continúa siendo una importante fuente energética, en especial en la generación termoeléctrica

(Domínguez y Vega-Valdés, 2015). No obstante el uso de la turba fue derivando paulatinamente en otras aplicaciones como por ejemplo para sustrato en la producción de plantas y cultivos. También ha sido utilizada en la industria de los hidrocarburos como remediador de pasivos ambientales y para el control de derrames de petróleo. La turba finalmente ha sido utilizada con fines no extractivos como el turismo de intereses especiales, la investigación científica y los servicios ecológicos que presta para el ser humano y el ambiente (Figura 8). La turba también es utilizada para retener el agua en la horticultura, aislante térmico en la construcción, además se emplea para el tratamiento de aguas residuales y para filtros de distinto tipo, lo cual ha llevado a un aumento en el interés comercial y su explotación (Hauser, 1996).

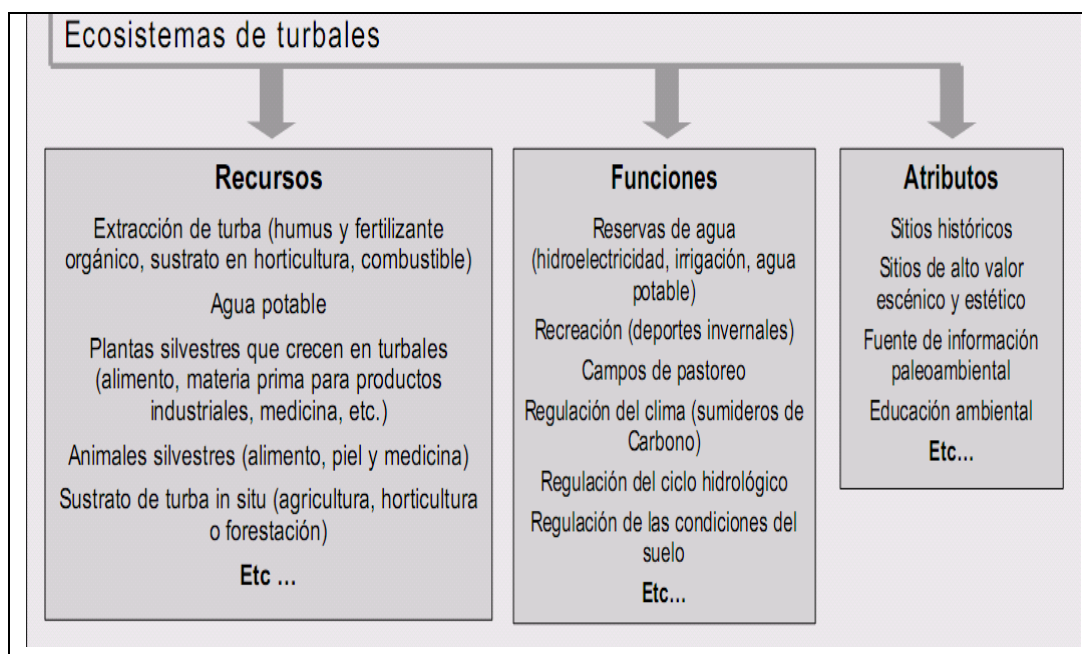


Figura 8. Beneficios de los ecosistemas de turberas. Fuente: Joosten y Clarke (2002).

En Chile la turba es considerada un mineral concesible por lo que su uso está regulado por la ley minera, constituye un derecho real e inmueble, distinto e independiente del dominio del medio superficial, el que corresponde en este caso a la cubierta vegetal de musgos y otro tipo de vegetación vascular presentes en estos ecosistemas. La concesión minera se otorga previa solicitud a cualquier persona nacional o extranjera por los tribunales de Justicia y su duración es indefinida, debiendo ser amparada anualmente por el pago de una patente, cuyo monto será establecido en relación con la extensión o superficie que se ampare (Hauser, 1996). Actualmente hay cerca de 25 concesiones de explotación en el país y hasta antes de la promulgación del nuevo reglamento del Servicio de Evaluación Ambiental no era necesario presentar ningún tipo de declaración o evaluación de impacto ambiental para iniciar el proceso de extracción. No obstante, el nuevo reglamento establece que para realizar la extracción de este recurso en un área mayor a 30 hectáreas es obligatorio presentar una declaración de impacto ambiental.

En Chile y el mundo el impacto antrópico sobre los ecosistemas de turberas ha sido importante, reduciendo su área entre un 10 y 20% producto de presiones directas tales como el drenaje de las áreas, lo que a su vez trae consigo problemas en la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos. Otros impactos sobre estos ambientes han sido las excavaciones para la extracción de turba, el desarrollo de infraestructura y el cambio climático. Las turberas del hemisferio norte han sido utilizadas intensamente desde 1800 causando su degradación debido a la acción del hombre producto de drenajes profundos para la extracción de turba o el cambio de uso del suelo para la habilitación de tierras agrícolas y forestales (Domínguez y Vega-Valdés, 2015), lo que ha traído consigo un cambio en los ambientes y hábitat para una gran cantidad de especies de flora y fauna propias de estos ambientes generando con ello una importante pérdida de biodiversidad.

Actualmente en varios países se están llevando a cabo investigaciones y acciones concretas orientadas a un proceso de restauración de dichos ambientes mediante planes de recuperación, rehabilitación y restauración ecológica.

1.2 Las Turberas de *Sphagnum* y los problemas asociados a la explotación de este recurso.

Los musgos se encuentran taxónicamente dentro de la división briófitas donde también es posible encontrar a las hepáticas y las antocerotes. Estas plantas pertenecen a un ancestral grupo de vegetales cuyo pequeño tamaño y peculiar ciclo de vida las han mantenido apartadas del observador habitual (Ardiles et al. 2008). Corresponden a plantas verdes, multicelulares, autótrofas, sus células producen almidón y las paredes de éstas están constituidas por celulosa al igual que los demás vegetales.

Los individuos de esta división carecen de tejidos conductores verdaderos (lignificados, formados por xilema y floema), por lo tanto son plantas “no vasculares”. Carecen de raíces, las que son reemplazadas por filamentos monoseriados, uni o multicelulares denominados rizoides que sirven como medio de sujeción más que de absorción de nutrientes y agua, ya que esta se efectúa a través de toda la superficie de la planta, ya que en general sus hojas llamadas filidios y sus tallos denominados caulidios no poseen una cutícula cerosa que impida esta acción (Figura 9). Debido a esta situación su balance hídrico está condicionado por el medio externo, condición que por la cual son denominados organismos poiquilohídricos. Este tipo de plantas absorben los nutrientes necesarios para su desarrollo desde su ambiente atmosférico a través de todo su cuerpo vegetativo, a diferencia de las plantas vasculares que lo hacen a través de sus raíces.

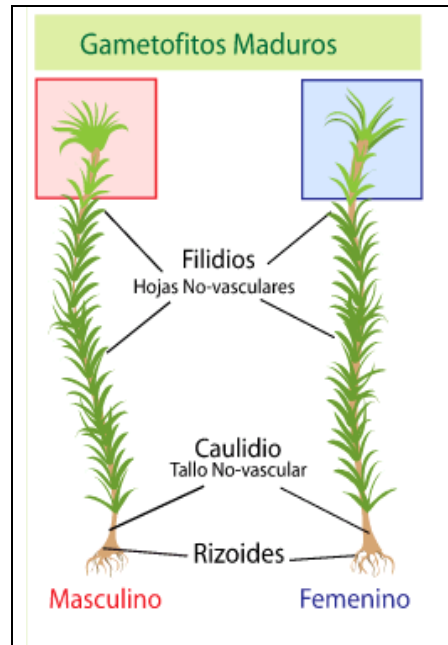


Figura 9. Principales estructuras morfológicas de los musgos.

La reproducción sexual de los briófitos se efectúa esencialmente a través de la formación y liberación de espermatozoides nadadores, llamados anterozoides, que fecundan una ovocélula y la posterior diseminación de esporas generadas en una cápsula. También existe un tipo de reproducción asexual, vegetativa, por medio de la dispersión de sus partes fragmentadas o de estructuras lenticulares llamadas yemas. La espore, que es una estructura haploide, al asentarse en el substrato adecuado, da origen a una estructura filamentosa o taloide microscópica, pluricelular y verde, llamada protonema (estado juvenil), que se desarrolla y ramifica antes de generar la planta madura, que es lo que reconocemos en la naturaleza como una briofita propiamente tal (Figura 10).

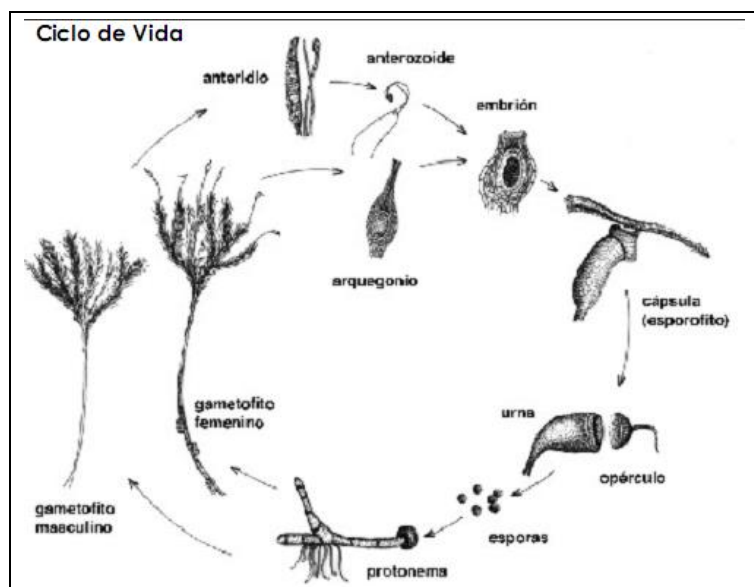


Figura 10. Ciclo de vida de las briófitas. Fuente: Ardiles et al. (2008)

En estos organismos se presentan dos fases reproductivas. La primera de ellas es la fase gametofítica (haploide, n) la cual es la predominante y la que presenta mayor desarrollo, diferenciación y la que se observa en terreno con mayor frecuencia. A su vez la fase esporofítica es diploide ($2n$), de corta duración, jamás se ramifica y casi por completo depende del gametofito para su nutrición (Figura 11).

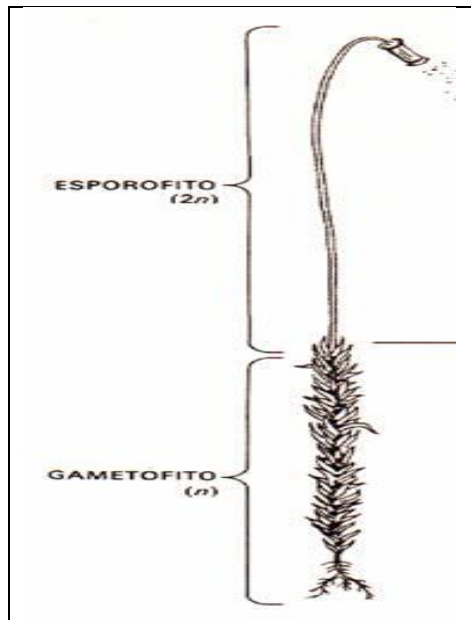


Figura 11. Fases reproductivas de un musgo

El musgo *Sphagnum magellanicum* es un musgo hidrófilo, y es la especie dominante en varios ecosistemas de turberas, especialmente aquellas denominadas sphagnosas. Tal como se ha mencionado anteriormente *Sphagnum* es un género cosmopolita pero restringido a ecosistemas húmedos, especialmente zonas boreales donde domina gran parte de la vegetación de los humedales (Díaz et al., 2005). *Sphagnum magellanicum* es considerado un musgo hidrófilo ya que presenta dos tipos de células, por una parte están aquellas que son responsables del proceso de fotosíntesis denominadas clorocistos establecidas en bandas longitudinales alrededor de otras células denominadas hialocistos o hialinas las que corresponden a células muertas que presentan una mayor envergadura y a través de las cuales se establecen poros que permiten el flujo del agua. Esta característica le concede al musgo la propiedad de ser una planta que tiene la capacidad de absorber y de retener el agua en hasta 20 veces el peso seco del musgo (Figura 12).

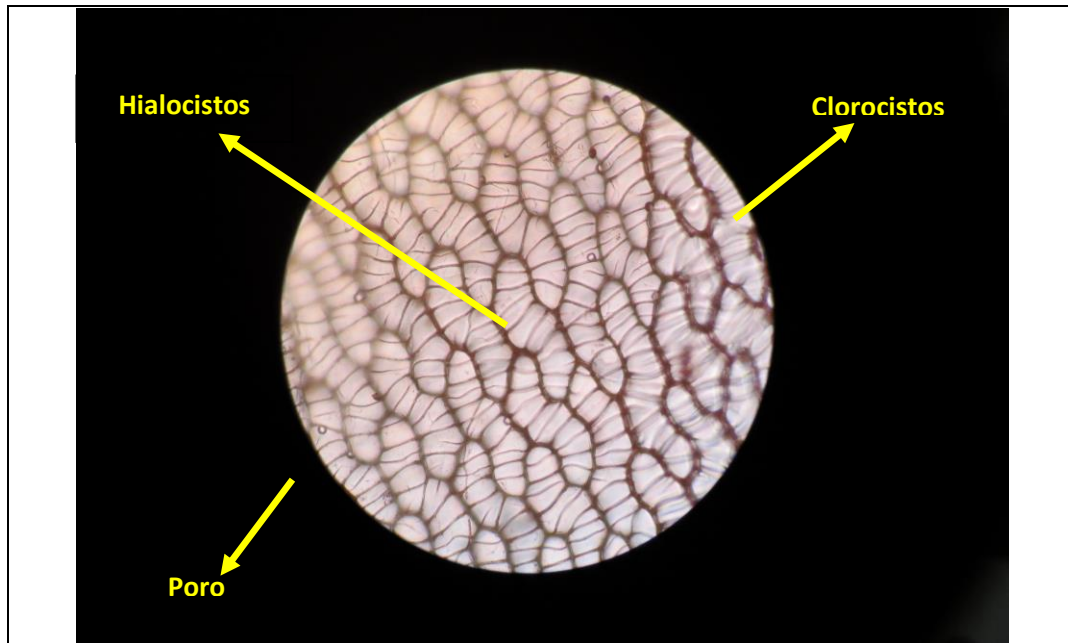


Figura 12. Tipos de células en el musgo *Sphagnum magellanicum*

En Chile esta especie se distribuye desde la Región de La Araucanía hasta la región de Magallanes, y es posible encontrar 16 especies del género *Sphagnum* (He, 1998). A su vez, en la isla Grande de Chiloé se han descrito 5 especies (Villagran y Barrera, 2002), las que corresponden a: *Sphagnum acutifolium* Schrad.; *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm.; *Sphagnum falcatulum* Besch; *Sphagnum fimbriatum* Wilson y *Sphagnum magellanicum* Brid. (Figura 13)



Figura 13. *S. fimbriatum* (a la izquierda) con una tonalidad verdosa y *S. magellanicum* (a la derecha) con una tonalidad pardo-rojiza. Turbera sector Quillaípe, Región de Los Lagos

Las regiones que presentan la mayor abundancia de turberas con *Sphagnum* corresponde a las regiones de Los Lagos y la Región de Magallanes. En un estudio encargado por ODEPA (2007) se catastraron las superficies cubiertas por *Sphagnum* en 3 provincias de la región de Los Lagos: Chiloé, Llanquihue y Palena. Los resultados se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Superficie (hectáreas) cubierta por *Sphagnum* por provincia en la región de Los Lagos

Provincia	Privada			Fiscal			Superficie total
	Sin protección	Con protección	Total	Sin protección	Con protección	Total	
Chiloé	26.965,6	17,3	26.982,9	20.269,3	356,3	20.625,6	47.608,5
Llanquihue	11.497,3	0,0	11.497,3	17.352,6	0,0	17.352,6	28.850,0
Palena	5.749,5	0,0	5.749,5	4.030,5	0,0	4.030,5	9780,0
TOTAL	44.212,4	17,3	44.229,7	41.652,4	356,3	42.008,7	86238,4

Fuente: Geosoluciones (2007) citado por ODEPA

En otro estudio llevado a cabo por Richardson (2011) cuyo propósito fue el de catastrar las turberas productoras de musgo *Sphagnum* en las provincias de Llanquihue, Chiloé y Palena en la región de los Lagos, se determinaron las áreas utilizando el método de clasificación supervisada en base al uso de imágenes satelitales Aster, aplicando índices de vegetación NDVI para la discriminación de coberturas de pomponales y de turberas productoras de *Sphagnum*. Los resultados son más claros en la provincia de Llanquihue, donde la superficie considerada como turberas alcanza los 54.621. De esta superficie, 21.000 ha son consideradas turberas drenadas o intervenidas para cambio de uso o con explotación de *Sphagnum*; a su vez 11.203 ha son consideradas como turberas en descanso, es decir, donde el musgo ya fue cosechado; y finalmente 22.418 ha donde el área podría estar sujeta a intervención para la extracción de *Sphagnum*.

Las cifras entregadas dan una cuenta inicial del grave proceso de explotación y degradación que están sufriendo las turberas de *Sphagnum* en la región de los Lagos producto de la extracción indiscriminada de este recurso natural. A mediados de los años 90 se descubre el potencial de este musgo como recurso económico y se visualiza la existencia de un nicho para su comercio en la industria de las orquídeas (Pardo, 2002). En el caso de la región de Magallanes su utilización habría comenzado en el año 1980 (Agüero, 2013).

El musgo *Sphagnum* ha sido cosechado en Chile desde 1995, considerado en las exportaciones como un Producto Forestal No Maderero (Tacón et al., 2006; Navarro et al., 2010; INFOR 2010 – 2011). Las primeras cosechas se realizaron en la región de Los Lagos, especialmente en las provincias de Chiloé y Llanquihue, donde gran parte de la tierra que originalmente tenía musgo ya ha sido cosechada y en algunos casos drenada para habilitar

tierras para actividades agrícolas y forestales (Zegers et al., 2006). Hoy en día este recurso natural ha desaparecido en las zonas de más fácil acceso, convirtiéndose en un recurso cada vez más escaso en ambas provincias. A partir de ello en el año 2010 se generaron las primeras migraciones de recolectores o pomponeros a la región de Magallanes, estableciéndose en la provincia de Última Esperanza.

El método utilizado para la obtención de estos la turba y el *Sphagnum* es totalmente distinto. Para la extracción de la turba se requiere primero construir canales de drenaje, para drenar y secar la turbera, y posteriormente, con maquinaria, se extrae la cubierta vegetal para explotar la turba, obteniendo bloques de turba (Figura 14).



Figura 14. Cosecha de turba en la región de Magallanes. Fuente: Domínguez, citado por Agüero (2013).

Por el contrario, la cosecha del musgo se realiza en forma manual, utilizando directamente la mano o una herramienta manual, denominada gancho, que es una especie de tridente u horqueta con la que se extrae la hebra de musgo *Sphagnum magellanicum*. Ésta es una actividad principalmente familiar, y la herramienta facilita la labor de cosecha, permitiendo obtener un mayor volumen de musgo pompón en un menor tiempo. Una vez que el musgo vivo ha sido cosechado, se seca en tendales y posteriormente se lleva a centros de acopio, donde se venden a intermediarios que lo empaquetan y exportan (Agüero, 2013) (Figura 15)

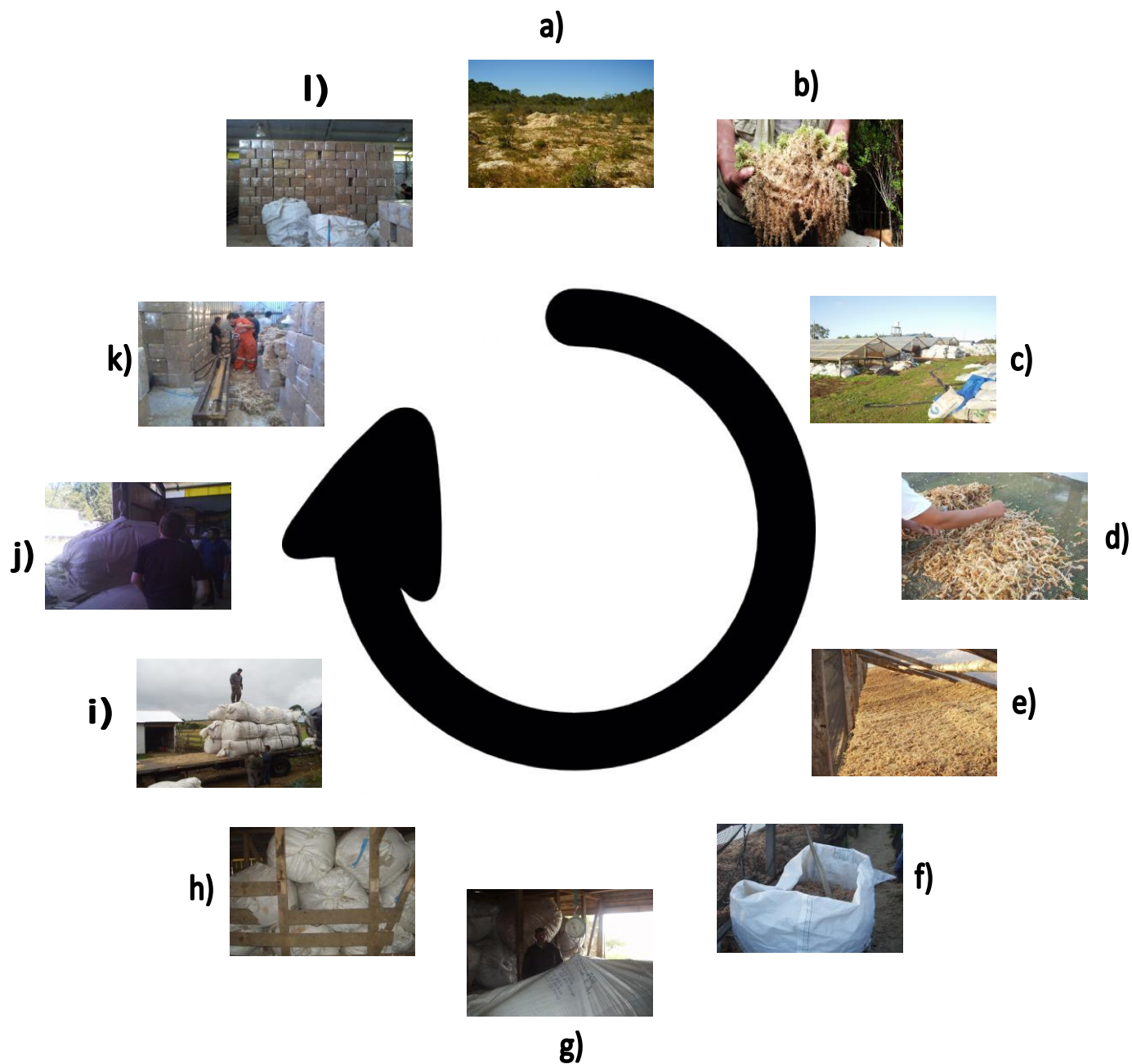


Figura 15. Proceso de producción y comercialización del musgo *Sphagnum*. Donde a) Área de extracción; b) Cosecha manual; c) Traslado a tendales; d) Limpieza de impurezas; e) Secado en tendal; f) Ensacado; g) Pesaje; h) Almacenamiento en bodega; i) Traslado a planta; j) Pesaje en Planta, k) Proceso de prensado y l) Almacenado para venta y exportación.

Según antecedentes de ODEPA del mes de octubre del año 2014, las exportaciones de *Sphagnum* en los últimos 10 años han aumentado progresivamente, con un promedio de crecimiento para los últimos 4 años de un 15% (Figura 16). La producción en el año 2013 alcanzó las 5.197 toneladas, llegando en el año 2014, entre los meses de enero a octubre a un total de 3.403 toneladas. De acuerdo a Agüero (2013) las exportaciones han tenido un crecimiento continuo, con una expansión de la actividad tanto en volumen como en valor de exportación. En el año 2012 las exportaciones alcanzaron aproximadamente 14,8 millones de dólares FOB con la participación de 19 empresas, en comparación con solo 5 en el año 1996. El destino de las exportaciones corresponde principalmente a países asiáticos, entre ellos Taiwán, China, Japón y Corea del Sur, siendo Taiwán el principal demandante. No obstante las los envíos también tiene como destino final a Estados Unidos en Norteamérica y a Holanda, Francia y Alemania en Europa.

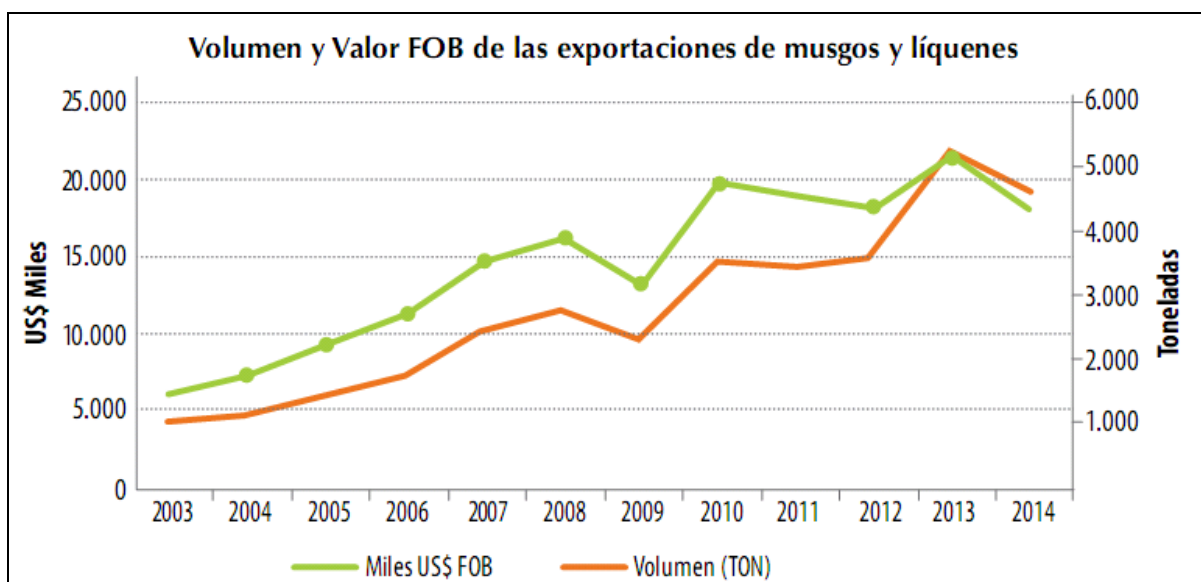


Figura 16. Volumen y valor FOB de las exportaciones de musgos. Fuente: ODEPA (2015).

Esta gran demanda por este recurso ha provocado que algunos agricultores de la región de Los Lagos hayan hecho un uso indiscriminado del recurso durante los últimos 20 años, lo que se ve reflejado dramáticamente en el aumento de las exportaciones, provocando la degradación de éstos humedales. La extracción de *Sphagnum*, en muchos de los humedales de la región de Los Lagos ha sido irracional, dejando sitios completamente inundados, donde no se observa regeneración del musgo (Domínguez et al., 2015 b)

A ello se suma que en Chile a la fecha no existe una regulación, ni política ambiental, ni norma sectorial para la extracción y manejo del musgo. Tal como se mencionó anteriormente el caso de la turba es distinto, ya que es considerado un mineral, y por ende su extracción está regida por el código minero. No obstante una turbera mantiene de manera casi insoluble estos dos elementos, es decir, el vegetal presente en la superficie de la turbera que corresponde al musgo, considerado un recurso natural

renovable, y la turba que se encuentra en los estratos inferiores y en distintos estados de degradación. El problema es que se entregan concesiones mineras para la explotación de la turba, donde necesariamente la intervención de las áreas generará un impacto grave sobre el musgo al extraerlo sin ser utilizado o el drenar las áreas en las cuales se desarrolla, situación que hace inviable su reproducción y crecimiento al no contar con un nivel y régimen hídrico adecuado y permanente.

1.3 Principales alcances del proyecto

El proyecto FIA PYT-2012-0087 “Plan Piloto de Masificación Artificial del Musgo *Sphagnum*” fue aprobado por la Fundación para la Innovación Agraria en el mes de Mayo del año 2012 dentro de la Convocatoria de Proyectos de Innovación para la temporada 2011/2012. El proyecto se comenzó a ejecutar en el mes de enero de 2013 y su duración contemplaba un plazo original de 2 años y medio. No obstante el plazo de ejecución del proyecto fue extendido hasta mediados del año 2016. A continuación se presentan los principales alcances de este proyecto

a) El problema u oportunidad

La creciente demanda por el musgo *Sphagnum* expresada en párrafos anteriores y constatada de manera empírica en terreno en la región de Los Lagos y de turba en la región de Magallanes ha traído como consecuencia una intensa actividad orientada a su extracción, lo que ha impactado fuertemente los ecosistemas naturales de los cuales forman parte, ello porque difícilmente vuelven a ser funcionales debido a la caída del nivel freático y la lenta recuperación de las áreas.

Las severas alteraciones de las condiciones hidrológicas y microclimáticas que han ocurrido en pomponales y turberas cosechadas intensamente, han dificultado la recolonización del musgo, disminuyendo con ello las superficies productivas de este recurso. Esta situación ha sido descrita en los trabajos de Varnet (2006), Salinas y Cartes (2009) y León *et al.* (2011) entre otros, también ha sido comunicada personalmente por una serie de colectores y exportadores tanto en la Provincia de Llanquihue, como en la Isla de Chiloé. Una de las principales externalidades negativas que ha generado la explotación del musgo dice relación con la continuada disminución de la disponibilidad de agua para la población, especialmente en la época estival lo que es un problema grave para la salud de la población y también de los ecosistemas.

Esta problemática ha llevado a desarrollar una serie de iniciativas tendientes a disminuir el impacto en estos importantes ecosistemas, las cuales se han orientado al diseño y difusión de técnicas de cosecha sustentable para su implementación por parte de los recolectores, las cuales han sido un importante aporte en la solución del problema, pero en la práctica los recolectores no aplican estas recomendaciones principalmente por el nivel de

degradación de algunos pomponales y la necesidad de alcanzar volúmenes determinados de producción.

La situación de degradación de los pomponales ha traído consigo la reducción de la calidad del producto, lo que ha incidido negativamente en la rentabilidad del mismo al disminuir su precio de venta. Junto a ello, las tasas de repoblación del pompón en aquellas áreas cosechadas es lenta y no siempre se genera un musgo con características aptas para su comercialización, lo que impacta negativamente en los volúmenes de producción sostenido.

La presión e impacto sobre estos ecosistemas, producto de su sobreexplotación, conlleva a la degradación e inutilización de vastas zonas, que van en desmedro de la calidad ambiental y económica de los habitantes próximos a estas áreas.

Por otra parte, en la actualidad no han sido identificados ni masificados aquellos ecotipos del musgo que, desde el punto de vista comercial, generen mejores oportunidades de mercado considerando las características de calidad demandadas por los exportadores. Actualmente no existe una certificación del proceso productivo del musgo, debido al impacto ambiental que genera esta actividad. Esto trae como consecuencia el no poder acceder a mercados extranjeros más exigentes desde el punto de vista ambiental, los que a su vez están dispuestos a pagar un mejor precio por un producto de mejor calidad con sello verde.

b) La solución innovadora propuesta

La solución innovadora propuesta por el proyecto para atender a los problemas descritos anteriormente correspondió a la generación de un sistema de masificación artificial del musgo, por lo tanto el ámbito de innovación fue dirigido netamente al proceso de producción de este recurso. En concreto, el proyecto propuso domesticar los ecotipos que presentaran las mejores características en cuanto a la calidad del producto a comercializar, para luego ser masificados ex situ considerando para ello las condiciones ambientales que favorecieran su adecuada reproducción.

En la actualidad no existen experiencias descritas que den cuenta de una masificación artificial ex situ del musgo *Sphagnum* (pompón) desde un punto de vista productivo, junto a la selección de características comerciales del recurso en base a la prospección, selección, recuperación y propagación artificial de ecotipos superiores. Por tanto, el mérito innovador de la propuesta lo representó el hecho de generar, de manera inédita, un sistema artificial ex situ de producción del musgo *Sphagnum* que permitiera resguardar la mantención de la calidad del producto, promover un volumen sostenido y con ello mejorar su rentabilidad. Junto a ello se pretendió como externalidad positiva la mantención ecológica de ecosistemas de pomponales, los cuales por su extensión en nuestro país, juegan un rol importante en la regulación del CO₂ como Gas de Efecto

Invernadero (GEI) y son claves en la regulación del régimen hídrico de los sectores donde se emplazan.

Otro aspecto innovador que buscó el proyecto fue la selección de ecotipos, cuya identificación taxonómica se realizó mediante metodologías clásicas apoyadas con técnicas de biología molecular, lo que permitió la mantención en el tiempo de las características comerciales del recurso.

La solución innovadora permitió el desarrollo de un producto con un volumen de producción sostenido y con tasas de rotación menores ya que la tasa de crecimiento del musgo en condiciones controladas fue mucho mayor que la observada para ambientes naturales tanto en la región de Los Lagos como en la región de Magallanes. De esta fomentando de esta manera una mayor rentabilidad del negocio.

Un aspecto claramente diferenciador que aporta el proyecto es la generación de un nuevo formato de producto para el musgo *Sphagnum*, ya que si bien el nivel de producción no puede ser comparado con la tasa de rendimiento en condiciones naturales por una situación de volumen o espacio físico asignado para ello, todo el producto obtenido fue utilizado para la generación de discos de musgo prensado de diferentes diámetros a los cuales se le incorporaron agentes biológicos precursores del crecimiento y desarrollo vegetal con el objetivo de generar un producto con mayor valor agregado. Se espera que este tipo de productos sea utilizado en maceteros de jardinería doméstica permitiendo un aporte hídrico de mayor eficacia a las plantas que puedan ser producidas mediante esta vía. El desarrollo de un formato de producto permitirá que menores volúmenes de producción obtengan rentabilidades mayores al aumentar el precio de venta por kilo del musgo seco. Con ello también se podría permitir disminuir la excesiva presión a la que están siendo sometidas actualmente los pomponales de la región de Los Lagos.

Se espera que el desarrollo de esta experiencia permita, a futuro, sentar las bases para generar la certificación del producto, al disminuir el impacto ambiental sobre los ecosistemas, permitiendo el acceso a nuevos mercados con mayores precios de venta, lo que incidirá en una mayor rentabilidad del negocio.

c) Organismos Asociados

El proyecto contempló la alianza con dos organismos asociados de suma importancia para llevar a cabo la ejecución de las actividades, los cuales correspondieron a la **Asociación Gremial de Pequeños Agricultores Productores de Musgo Pompón**, ya que su conocimiento empírico relacionado con el crecimiento, la propagación, la recolección y la venta del musgo fue vital para el desarrollo del proyecto. El segundo organismo correspondió a la **Empresa exportadora Southernmoss**, la cual se ubica en las cercanías de la ciudad de Ancud de la cual fue importante conocer las tendencias en la comercialización externa de los productos que se obtienen del musgo, los formatos de

empaques y todo el proceso relacionado con el mercado (oferta y demanda) y usos del musgo *Sphagnum magellanicum*.

A continuación se entrega una breve reseña de cada uno de los Organismos Asociados

Asociación Gremial de Pequeños Agricultores Productores de Musgo Pompón: La agrupación se constituye en enero de 2002 como asociación gremial con 25 socios y nace para mejorar los aspectos de comercialización del musgo. Durante sus inicios tuvieron apoyo de INDAP, principalmente para la instalación de tendales y galpones. A través de esta institución han participado en ferias para la difusión y comercialización del musgo, lo que les permitió concretar algunas ventas a empresas del norte grande y el apoyo a iniciativas en el ámbito productivo agrícola en zonas de sequía extrema. Han contado con el apoyo de la Fundación Copec para la implementación de infraestructura y maquinaria de empaque. También han colaborado con proyectos de la Universidad Santo Tomás, a través de la cual realizaron una gira tecnológica a Canadá el año 2007 donde tuvieron la oportunidad de conocer la producción y cosecha de turba, así como también las primeras aproximaciones a la siembras de musgos en su ambiente natural. Históricamente, la agrupación ha tenido dificultades para la negociación del producto dado que les ha sido difícil cumplir con las demandas de volúmenes de un musgo de primera calidad. Ante la pérdida de superficies altamente productivas, muchos de los asociados, en la actualidad, tienen la preocupación de manejar sustentablemente el recurso, aspecto que no ha podido ser resuelto a corto plazo. Actualmente, la agrupación está constituida por 40 socios, pero participan de manera activa alrededor de 15. La agrupación se relacionó directamente en este proyecto a través del apoyo en la identificación de lugares para la recolección de ecotipos superiores del musgo, el conocimiento y experiencia en la producción y comercialización del recurso, la facilitación de infraestructura y terrenos para llevar a cabo la producción artificial y el apoyo permanente y activo en todas las fases de recolección y propagación del musgo.

Empresa exportadora Southernmoss: La empresa inicia sus operaciones el año 2003, como una entidad de carácter familiar, mediante el desarrollo de actividades de compra y acopio de musgo verde y seco a través de la instalación de tendales de secado. En un primer período la empresa alcanzó a realizar sus primeras 3 exportaciones a Japón. Luego de ello, tras un fracaso comercial, la entidad entra en un receso, para luego reconstituirse en una sociedad formada fundamentalmente por los miembros originales denominada Southernmoss S.A. en la ciudad de Ancud. Posterior a ello la empresa abre una oficina comercial en Miami, con la finalidad de realizar una comercialización directa con malos resultados, lo que generó grandes pérdidas e hizo replantear el negocio. Esto trajo como consecuencia el cierre de la empresa. Luego de ello la entidad surge con el nombre de su actual propietaria, Sra. Erika Weber con actividades de exportación directa, en pequeños volúmenes, y venta del producto a otros exportadores con aumento de la demanda en los meses de invierno. La reconstitución de la empresa se consolida con aportes del fondo FOGAPE, permitiendo financiar la adquisición de maquinaria y automatizar el proceso para el empaque de algunos formatos de venta. A través del tiempo han logrado adquirir

mayor cantidad de maquinaria de empaque, además de camiones para el transporte de sus productos a los centros de venta y exportación. La empresa se relaciona con el proyecto a través de la experiencia de sus empleados en la comercialización y exportación del recurso, la facilitación de infraestructura para su adecuado empaque y transporte, además de generar las instancias de negociación necesarias para potenciar la comercialización del producto y mejorar su rentabilidad.

2. MANUAL DE PRODUCCIÓN ARTIFICIAL DEL MUSGO *SPHAGNUM*

Uno de los productos comprometidos en la ejecución del proyecto FIA de Masificación artificial del musgo *Sphagnum* es la generación de un manual de producción, cuyo objetivo es dar a conocer a todas las personas interesadas las experiencias y aprendizajes alcanzados durante la ejecución del proyecto en relación al proceso de masificación artificial de este recurso. Por tratarse de una experiencia inédita y considerada como piloto, la fase de experimentación fue permanentemente utilizada y es seguro que este proceso deberá continuar agregando aprendizajes, experiencia y conocimiento para perfeccionar cada vez este tipo de iniciativas, además de corregir ciertos elementos que no alcanzaron a ser mejorados durante la ejecución del proyecto. No obstante se cree que es un importante paso para sentar las primeras bases en el desarrollo de la tecnología y conocimiento que pueda ser utilizada en la producción ex situ del musgo *Sphagnum magellanicum* y con ello descomprimir su excesiva extracción desde los pomponales, con las inevitables consecuencias ambientales que ello trae aparejado, y junto a ello contribuir en la posibilidad de utilizar esta experiencia por parte de pequeños campesinos y colectores de musgo para la obtención de ingresos económicos para mejorar la calidad de vida de ellos y sus familias.

2.1 Inversiones realizadas. Infraestructura y equipamiento

El proceso de masificación artificial consideró el desarrollo de una fuerte inversión en infraestructura para el desarrollo del proceso de producción, la cual se fue ampliando progresivamente en base a los requerimientos que permitieran un mejor desarrollo del musgo en condiciones controladas. Toda la infraestructura necesaria para el desarrollo del proceso de masificación fue instalada en un terreno particular perteneciente a uno de los socios de la Agrupación gremial de pequeños agricultores de musgo pompon, ya que esta asociación fue uno de los organismos asociados al proyecto. La ubicación específica donde se situó la infraestructura corresponde a la localidad de Quillaípe, distante aproximadamente 28 km al sureste de la ciudad de Puerto Montt por la ruta 7 (carretera Austral) (Figura 17).

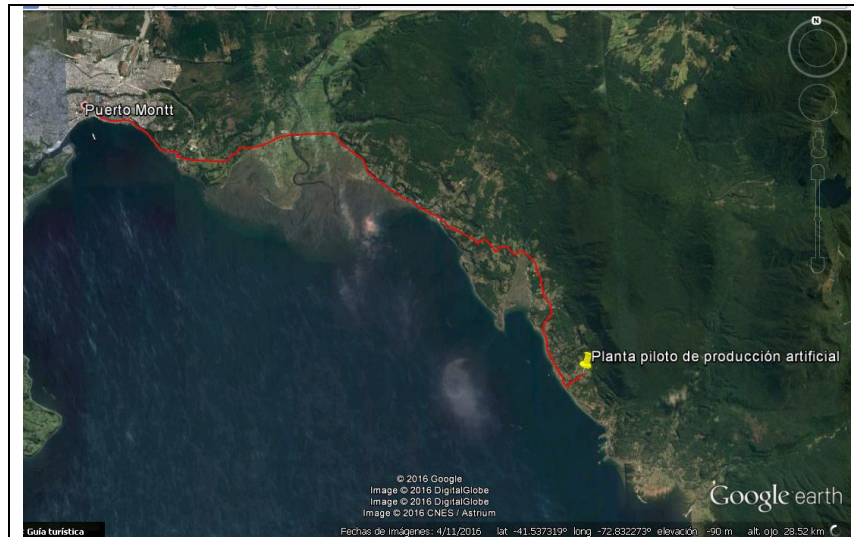


Figura 17. Ubicación planta de producción artificial del musgo *Sphagnum*. Referencia respecto a la ciudad de Puerto Montt

La inversión inicial, y una de las más altas en cuanto a costo correspondió a la construcción de un invernadero tipo nave de una superficie de 275 m² (25 m de largo por 11 m de ancho). El invernadero fue construido en estructura metálica y fue recubierto completamente con policarbonato alveolar. El techo del invernadero fue diseñado de manera curva ya que en el lugar donde fue emplazado se generan en la época de invierno fuertes ráfagas de viento en sentido noroeste sueste llegando éstas hasta los 120 km/h en algunas temporadas. El piso del invernadero fue recubierto con gravilla con el fin de generar un ahorro en costos, ya que la alternativa del radier elevaba demasiado el presupuesto considerando que el menos debía tener un grosor de 15 cm (Figura 18). La estructura contó con 8 ventanas (4 en cada lado mas largo del invernadero), permitiendo de este modo la circulación del aire dentro del invernadero y la disminución de la temperatura en la época estival.



Figura 18. Invernadero (planta de producción artificial) para la producción del musgo *Sphagnum*.

Para realizar la producción artificial del musgo fue necesario confeccionar 6 contenedores de fibra de vidrio de un volumen de 14 m^3 cada uno y cuyas medidas fueron de 10 m de largo, 2 m de ancho y 0,7 m de altura. Inicialmente se había estimado que la medida de altura fuera de 1 metro, pero luego de revisar la primera maqueta esta altura se ajustó a los 0,7 m finales, ya que de esta manera la cosecha del musgo se podía realizar de una manera mas apropiada. En este sentido es importante realizar la recomendación de utilizar un ancho no mayor a 1,5 m ya que con un ancho de 2 m, el proceso de extracción manual del musgo se complica en el centro del contenedor. Se optó por realizar contenedores de fibra ya que estos tienen una armazón robusta y la cubierta de fibra la hace impermeable a las filtraciones de agua y por tanto a la pudrición de la estructura. El color utilizado para los contenedores fue el gris ya que esta tonalidad impide la proliferación de algas en el fondo y los bordes del contenedor. Los contenedores fueron contruidos dentro del galpón del proveedor que los confeccionó, no obstante su traslado y posterior instalación en el invernadero se vio dificultada debido al excesivo peso de cada uno (cerca de 850 Kg cada uno). La solución para ello fue el de generar una construcción

en base a ensamblajes, construyendo cada pieza en el galpón pero el armado final se realizó dentro del invernadero (Figura 19)



Figura 19. Proceso de construcción de construcción de contenedores de fibra de vidrio en instalaciones del fabricante y armado en invernadero.

Los contenedores se dispusieron de tal manera que existiera un pasillo lo suficientemente ancho para la circulación del personal. En base a ello la distribución espacial de los contenedores fue de 3 en la parte frontal de invernadero y 3 en la parte posterior, dejando el lado más largo en el sentido de costado más extenso del invernadero (Figura 20).

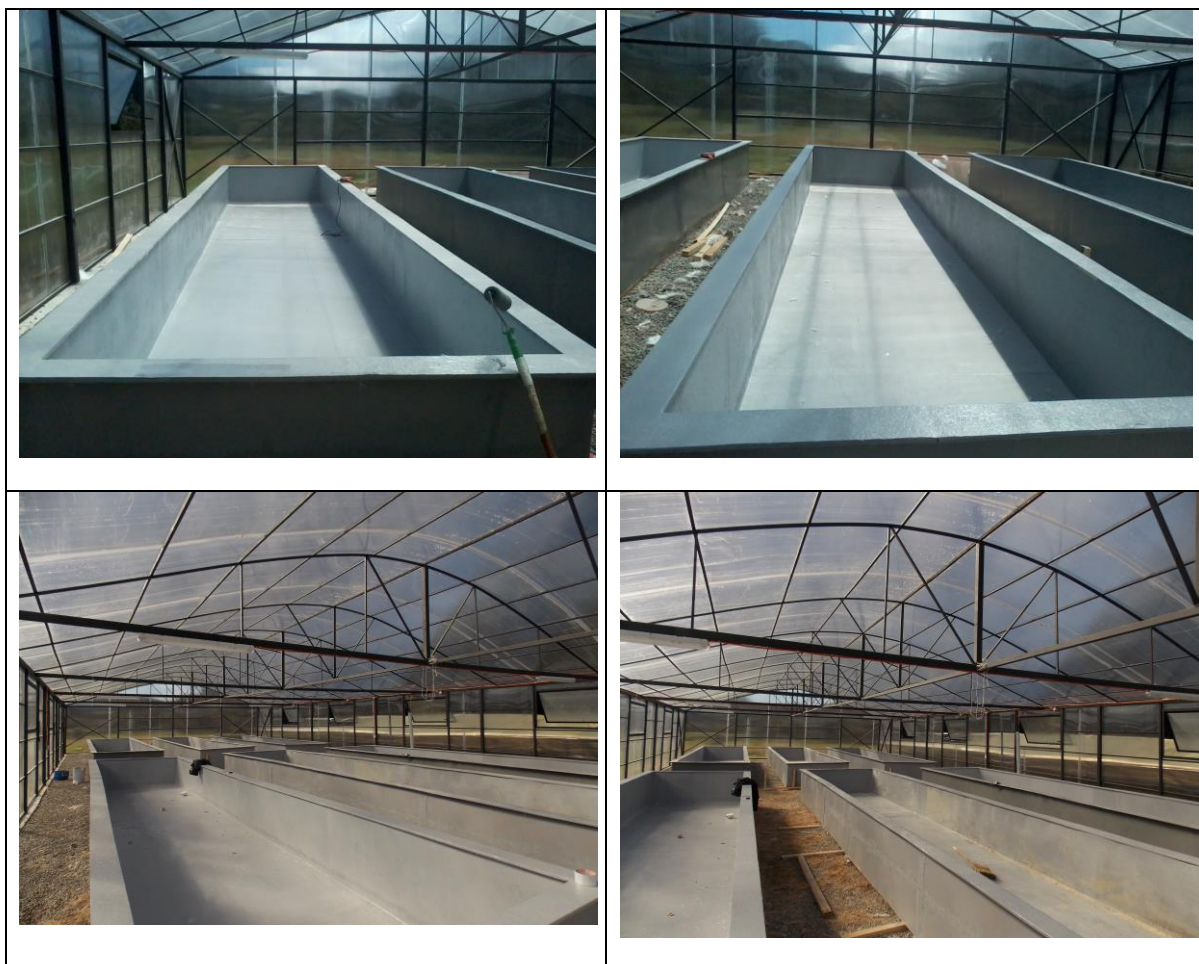


Figura 20. Disposición final de los contenedores en el invernadero.

La producción artificial del musgo *Sphagnum* requiere como insumo principal la disponibilidad de agua de manera permanente, ya que este elemento es el factor mas importante para el crecimiento de especies de *Sphagnum* (Diaz et al., 2005). En condiciones naturales este factor dependerá de de la distribución de las lluvias, la evaporación y el promedio anual de nivel de napa freática (Gignac & Vitt 1990). Se sabe que la humedad en el capítulo (parte apical del caulidio), donde ocurre el crecimiento y la mayor parte de la actividad fotosintética (Clymo & Hayward, 1982), determina la tasa de fotosíntesis, y por ende el nivel de crecimiento del musgo. Por otra parte, cuando la napa freática se encuentra por debajo de los 40 cm bajo la superficie en condiciones naturales, las propiedades físico químicas de la turba cambian, de tal modo que afectan el crecimiento del *Sphagnum* (Grosvernier et al. 1997). Por ello es fundamental que el cultivo

del musgo se mantenga con una tasa de humedad permanente. En este caso se visualizaron como fuentes alternativas, el uso de agua proveniente de un curso natural (estero) cercano al invernadero y el uso de agua proveniente de una vertiente próxima al lugar. No obstante después de realizar análisis de las características del agua presente en la turbera, las opciones fueron modificadas y la alternativa que finalmente se utilizó fue la de transportar agua directamente desde el humedal hacia los contenedores. El agua presente en la turbera presento valores de pH de 4,31 y una conductividad de 322 $\mu\text{S}/\text{cm}$, antecedentes que fueron registrados in situ con un medidor multiparamétrico de calidad del agua (Figura 21). A partir de estos antecedentes se desarrollo un sistema hidráulico que permitiera captar el agua de la turbera, transportarla hacia los contenedores dispuestos en el invernadero y después tener la posibilidad de devolverla al humedal. Para ello fue necesaria la construcción de un acumulador de agua dentro del humedal que permitiera un abastecimiento continuo de este elemento y que a su vez no se encontrara muy alejado del invernadero por los elevados costos que generaría el transporte. En definitiva el acumulador se ubico a 70 m en línea recta del invernadero. El sistema hidráulico considero la instalación de una motobomba en el punto de salida del acumulador y las cañerías de PVC para el transporte del agua hacia el invernadero (Figura 22).



Figura 21. Medición de parámetros de calidad de agua en la turbera mediante el uso de un medidor multiparamétrico.

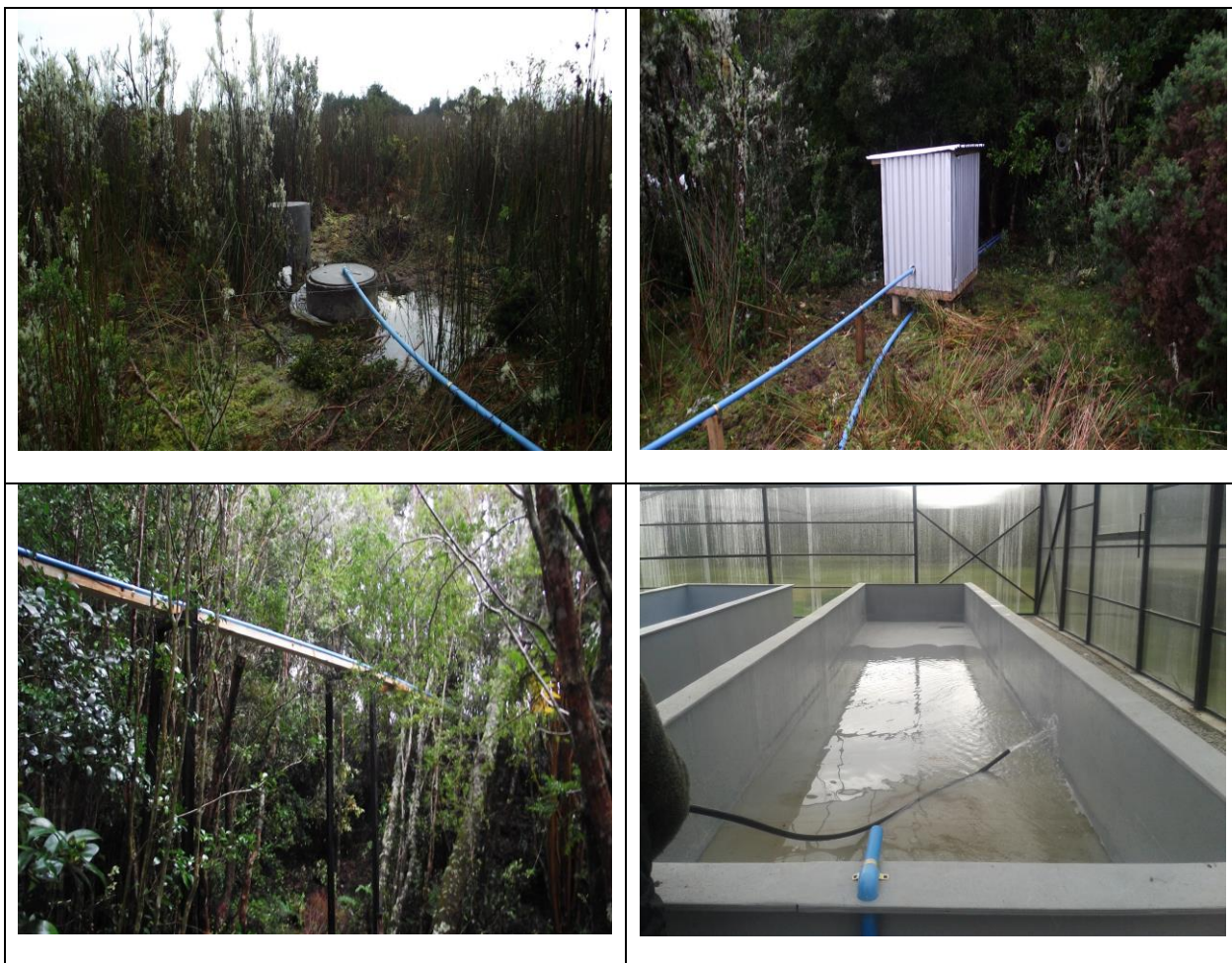


Figura 22. Instalaciones del sistema de acumulación y transporte de agua desde turbera.

Dentro del invernadero el sistema consideró la instalación subterránea de tuberías de PVC hacia cada contenedor con el objetivo de generar una salida de agua directa para cada uno. El sistema cuenta con una llave de paso de agua para cada contenedor. El sistema consideró la instalación de una motobomba dentro del invernadero para extraer el agua desde los contenedores hacia la turbera una vez que esta fuera utilizada, no obstante este sistema no dio muy buenos resultados debido a la gran cantidad de sedimentos dispuestos en cada contenedor. Si bien se colocaron filtros en los puntos de desagüe, el sedimento fino logró traspasar estos filtros y perjudicó el trabajo de la motobomba. El sistema de recarga y descarga de agua fue ejecutado a través de un panel de control dispuesto dentro del invernadero, el cual además disponía de todos los bloqueos de seguridad necesarios para no dañar las motobombas en caso de que no se produjera la succión y el movimiento del agua (Figura 23). Si bien el agua de la turbera presenta las condiciones apropiadas para el crecimiento del musgo, la obtención de este elemento desde el humedal también trae consigo varios inconvenientes como lo es la gran cantidad de sedimentos que causan desperfectos en las motobombas y con ello reparaciones sucesivas de las mismas. Esto a pesar de colocar filtros que restringieron el paso de varios sedimentos de mayor volumen. La recomendación en este caso es probar la utilización de



Figura 23. Sistema hidráulico dispuesto en el interior del invernadero.

agua desde un curso natural (estero o vertiente) que se encuentre cercano al lugar de producción ya que el mismo musgo se encarga de acidificar rápidamente el agua debido a la propiedad que tiene esta de absorber selectivamente aniones hidroxilos o básicos (OH^-) y liberar iones de hidrógeno al medio (H^+), acidificando de esta manera el agua (Schofield, 1985).

Si bien se consideró inicialmente solo la ventilación del invernadero mediante la circulación de aire a través de las ventanas dispuestas en la nave, el excesivo calor en la temporada estival obligo a instalar un sistema de extractores de aire en la parte frontal del invernadero junto a un set de persianas en la parte posterior del mismo que permitieran la extracción del aire calido acumulado al interior de la nave. Este sistema permitió reducir la temperatura ambiental al interior del invernadero de manera muy rápida y eficiente, no obstante el uso de los extractores genera un mayor gasto en energía eléctrica. Con el fin de automatizar el funcionamiento de los extractores se instaló un timer digital conectado además a un sensor de temperatura ambiental ubicado dentro del invernadero. EL sistema registra de manera continua la temperatura ambiental, y cuando esta llega a un cierto nivel los extractores se activan automáticamente. A su vez cuando la temperatura se reduce hasta un mínimo establecido los extractores dejan de funcionar. Los niveles de máxima y minima temperatura se ingresan manualmente en el dispositivo (Figura 24).

Junto a al montaje de los extractores de aire, se consideró necesaria la instalación de una malla sombreadora sobre el techo del invernadero (Figura 25). El material utilizado correspondió a malla raschel sombra de 80%, la cual generó muy buenos resultados para disminuir temperatura y favorecer el crecimiento del musgo.



Figura 24. Extractores de aire y sistema de control de temperatura en el interior del invernadero.

En este caso es necesario recomendar que de manera casi permanente pueda ser utilizada esta malla sombreadora, ya sea sobre la nave del invernadero o en su defecto sobre los

propios contenedores de fibra (Figura 25). Esta situación es importante de considerar especialmente entre los meses donde se recibe una mayor radiación solar.



Figura 25. Malla sombreadora de 80% sobre el techo del invernadero

Los detalles de los costos asociados a la infraestructura necesaria para la producción artificial del musgo son detallados en el documento “Plan de Negocios en Base a la masificación artificial del musgo *Sphagnum magellanicum*”

2.X. Proceso de masificación artificial

El proceso diseñado para la masificación artificial del musgo consideró varias etapas. Si bien en un principio se prospectó un sistema donde el único elemento a considerar era el agua, mediante una especie de producción hidropónica, finalmente se optó por considerar el conocimiento empírico de los colectores de musgo, el cual ha sido conseguido con muchos años de trabajo y experiencias asociados a la recolección y venta de este recurso natural. Es por ello que se escogió un sistema que replicara las condiciones y elementos naturales de crecimiento del musgo para ver como se comportaba en un ambiente relativamente controlado dentro de un invernadero y en definitiva registrar antecedentes que pudieran dar sustento a la hipótesis de que es posible la masificación artificial del musgo *Sphagnum* de calidad comercial y que el crecimiento del musgo bajo este tipo de condiciones es mas rápido que en una situación natural dentro de una turbera.

En el sector de Quillaipe el musgo *Sphagnum* en turberas denominadas secundarias (ver capítulo 1). Este tipo de turbera tiene la características de que el horizonte de turba es

muy escaso comparado con el de las turberas naturales. Esto se debe a que su génesis esta asociada a procesos de degradación ocasionadas por el hombre (principalmente incendios de la vegetación en zonas de humedales), los cuales tienen una data mucho mas reciente que las turberas naturales originadas por los procesos de glaciación. El horizonte de turba en estos ambientes no llega a tener más allá de unos 30 a 40 cm. Por otra parte bajo esta capa de turba se verifica la presencia de un horizonte cementante de fierrillo (óxidos de fierro y aluminio) que provocan el anegamiento de estas áreas al impedir una infiltración del agua superficial (Figura 26).



Figura 26. Horizonte de turba (A) y capa de fierrillo (B) en turbera secundaria del sector de Quillaípe, Región de Los Lagos

A partir de estas características se optó por realizar una recolección de fierrillo desde los horizontes expuestos en un corte transversal en la turbera, y en los taludes de lugares aledaños al camino de acceso al humedal. El material fue obtenido con palas ya cumulado en sacos para su transporte al invernadero (Figura 27). Una vez dispuestos en la nave el fierrillo fue esparcido homogéneamente en cada contenedor formando una capa de 10 cm de alto (Figura 28).



Figura 27. Recolección y transporte de fierrillo



Figura 28. Disposición de capa de fierrillo en los contenedores de fibra

A continuación se realizó un procedimiento similar al realizado con el fierrillo pero con la turba, la cual fue obtenida desde cortes transversales en los bordes del humedal. La turba fue dispuesta de manera homogénea sobre la capa de fierrillo estableciendo un estrato de 10 cm de alto (Figuras 29 y 30).



Figura 29. Obtención de turba en los límites de la turbera de *Sphagnum*



Figura 30. Disposición de capa de turba en los contenedores de fibra

El siguiente proceso fue la incorporación de una capa de aproximadamente 5 cm de musgo *Sphagnum* en proceso de descomposición parcial y sin capacidad de desarrollo, el cual fue obtenido directamente desde la turbera. El objetivo de este estrato es simular un proceso inicial de formación de turba, es decir, materia orgánica con un grado inicial de descomposición. Antes de la incorporación del musgo semidescompuesto los contenedores fueron cargados parcialmente con agua hasta una altura tal que cubrieran completamente los estratos de fierrillo y turba. El musgo fue entonces esparcido homogéneamente sobre el agua estableciendo una capa de sustrato orgánico para el crecimiento de las hebras de musgo seleccionadas para la masificación (Figura 31).





Figura 31. Incorporación de musgo *Sphagnum* semidescompuesto sobre las capas de fierrillo y turba en cada contenedor.

El proceso final correspondió a la siembra del ecotipo de musgo seleccionado en las primeras etapas para su masificación artificial. Para ello se contó con un stock de musgo de las mejores características comerciales obtenido del sector de turbera donde el musgo tiene como especie acompañante al Tepu (*Tepualia stipularis*). La obtención de las plantas madres debe realizarse directamente desde la turbera, realizando la cosecha de manera manual. Se necesita un musgo de al menos unos 20 a 30 cm de largo y de buen grosor. De acuerdo a las estimaciones realizadas se deben colectar al menos unos 60 a 70 Kg de musgo húmedo (recién cosechado desde la turbera) para cubrir una superficie de siembra de 20 m², es decir, un contenedor. Una vez cosechado el musgo debe ser limpiado dentro del humedal, luego de lo cual se debe dejar un tiempo en la turbera hasta que al menos pierda el 50% de la humedad que presentaba al momento de ser cosechado. De esta manera no se afectará de manera tan drástica el ciclo hidrológico del humedal (Domínguez, 2014). Se obtendrán finalmente unos 30 kg de musgo para ser utilizados en la siembra (Figura 32). Una vez que el musgo ha perdido este porcentaje de humedad debe ser trasladado al invernadero para ser utilizado en la siembra de los contenedores.



Figura 32. Ecotipo de musgo seleccionado antes de ser sembrado en contenedores

De manera previa a la ejecución de la siembra se pesó la cantidad de musgo que sería utilizada en cada contenedor con el objetivo de tener una relación del peso ganado al momento de la cosecha. Para cada contenedor se utilizaron 25 Kg. de musgo. El proceso de siembra se realizó a partir de la obtención de segmentos de 10 a 15 cm de largo de fibra. Para ello cada una de las hebras de musgo fue segmentada en los niveles de longitud indicados y posteriormente fueron esparcidos homogéneamente sobre el estrato de musgo parcialmente descompuesto. Inmediatamente luego de la siembra todos los contenedores fueron irrigados hasta un nivel donde existiera un contacto adecuado a nivel superficial de las hebras con el agua. En ningún caso la incorporación de agua debe ser excesiva en el sentido de que las hebras queden sumergidas o como material sobrenadante. (Figura 33).

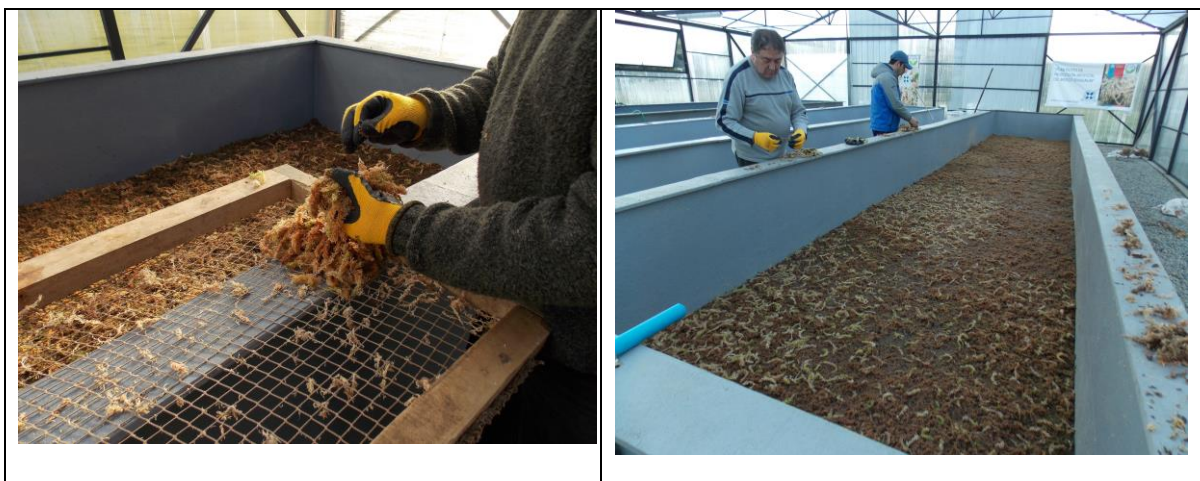




Figura 33. Proceso de siembra de hebras de musgo *Sphagnum magellanicum* en los contenedores para su masificación artificial.

La primera siembra fue realizada a inicios del mes de junio del año 2014, luego de lo cual el único factor que se mantuvo en constante vigilancia fue el nivel de agua en los contenedores, ya que este es el elemento principal para el desarrollo del musgo.

Uno de los problemas que se generaron posteriores a la siembra del musgo fue la aparición en los contenedores de una serie de malezas creciendo dentro de los mismos. Esta situación se produjo debido a que tanto el musgo en descomposición como el material biológico (hebras de musgo) que fueron sembradas traían consigo propágulos de una serie de plantas características de los ambientes de turberas tales como Vinagrillo (*Rumex acetosella*), Pasto miel (*Holcus lanatus*), Alfalfa chilota (*Lotus pedunculatus*) y la Centella asiática (*Hidrocotyle asiatica*). Junto a ello es posible que el fierrillo y la turba también hayan traído consigo propágulos de éstas especies. En este caso la recomendación por tanto sería la de disminuir las posibilidad de aparición de estas especies mediante la esterilización de estos sustratos (Figura 34). Esto es posible realizarlo utilizando varias técnicas como la esterilización por calor o mediante solarización. No

obstante mediante estos tratamientos se controlará solo un agente de propagación de los propágulos.



Figura 34. Aparición de malezas en los contenedores

A partir de la aparición de las malezas se realizaron pruebas con herbicidas comerciales para su eliminación. Para ello se aisló una superficie de 1 m² en uno de los contenedores al cual se le aplicó una dosis de un herbicida comercial (ingrediente activo glifosato 48% p/v), de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Luego de una semana se evaluaron los efectos de la aplicación los cuales fueron totalmente negativos ya que junto con eliminar las malezas también fue afectado el musgo sembrado, razón por la cual este tipo de control químico no es recomendado. A partir de esta experiencia y en las sucesivas semanas solo se realizó un control manual de las malezas. El control de este tipo de malezas es importante en las primeras etapas de siembra ya que alteran el sustrato y por otra parte consumen el agua disponible para el musgo (Figura 35)





Figura 35. Desmalezado de los contenedores posterior a la siembra del musgo.

A partir de los cuidados realizados para el buen crecimiento de las hebras del musgo *Sphagnum*, la primera medición de crecimiento fue realizada luego de casi 5 meses de la siembra (fines del mes de octubre de 2014). Esta es una etapa importante para el crecimiento ya que es el inicio de la estación primaveral donde aumenta la radiación solar y la temperatura. Las mediciones de crecimiento se realizaron en los 6 contenedores de fibra. Para ello cada contenedor fue dividido en 3 secciones de 3,3 m cada una, y dentro de cada sección se extrajeron al azar 10 hebras de musgo obtenidas desde los bordes y desde el centro del contenedor. En base a lo descrito se midió una muestra de 30 hebras de musgo por contenedor. Se registró el crecimiento en longitud de las hebras a partir de la elongación de los caulidios, el cual es impulsado por el proceso de fotosíntesis realizado mayormente en los capítulos de cada segmento. Se midieron además algunas variables ambientales tales como la temperatura ambiental, la luminosidad (lux) y la humedad relativa del aire (Figura 36)

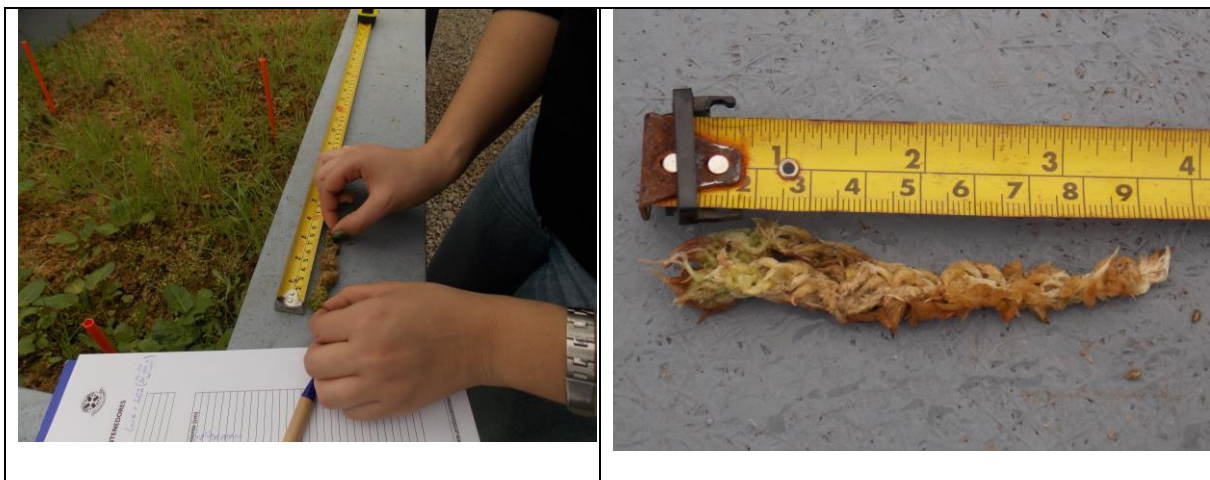




Figura 36. Mediciones de crecimiento del musgo.

Los resultados obtenidos en la primera medición mostraron un crecimiento promedio de 2,5 cm por fibra, lo que equivale a un crecimiento promedio por mes de 0,63 cm. Este crecimiento se consideró muy favorable considerando que los registros entregados por la literatura para el crecimiento del musgo *Sphagnum* en condiciones naturales son bastante menores. Como ejemplo se citan los trabajos de Domínguez y Larrain (2013) y Domínguez et al. (2014) donde se indica que en ensayos de restauración de turberas llevados a cabo en la Patagonia, que consisten en la siembra de hebras de *Sphagnum* en este tipo de humedales que han sido explotadas, donde la turba esta desnuda, los registros de crecimiento son de 2,5 a 5 mm por año, lo cual es un proceso extremadamente lento para alcanzar la recuperación de la turbera. En el caso de las turberas secundarias o antropogénicas de la región de Los Lagos, Diaz et al. (2012) realizaron una evaluación del crecimiento y la productividad del musgo *Sphagnum* en 9 turberas de esta región distribuidas en la provincia de Llanquihue, cercanas a la ciudad de Puerto Montt. El crecimiento fue medido en dos situaciones microtopográficas, una de ellas correspondiente a sectores planos y la otras a sectores con montículos. Los resultados relativos mostraron valores de crecimiento máximos entre los 9 sitios de muestreo de 0,22 cm/mes para los montículos y de 0,43 cm/mes para el caso de los sectores planos.

De acuerdo a Schofield (2001) la tasa de crecimiento de *Sphagnum* varía ampliamente. El crecimiento es predominantemente apical e indeterminado. Sus caulidios (o tallos) crecen paralelos unos con otros. El crecimiento del musgo disminuye a medida que la altitud aumenta. En Tasmania, *S. cristatum* tiene una tasa de crecimiento de 0,4 cm/año en sitios de mayor altitud (950 m), sin embargo, la tasa de crecimiento aumenta a 4,2 cm/año en un sitio más protegido, altamente productivo a 530 m. En Victoria observamos el mismo patrón. La tasa de crecimiento es de 1,9 cm/año a 1380 m, y 5,2 cm/año en un sitio más protegido a 900 m.

La evaluación del crecimiento fue exitosa considerando que el período dentro del cual se produjo este desarrollo (entre los meses de junio a octubre) no es el más favorable para el musgo principalmente debido a la menor cantidad de radiación solar. Tapia (2008), al realizar evaluaciones de crecimiento y productividad en varias turberas secundarias de la provincia de Llanquihue señala que en todos los sitios muestreados la mayor tasa de crecimiento ocurrió en el verano, y más específicamente entre los meses de enero a marzo.

A partir de esta primera evaluación de crecimiento se continuo monitoreando el desarrollo del musgo y solucionando los inconvenientes que se fueron generando durante el proceso. Un aspecto que revistió gran importancia durante el periodo posterior a la primera evaluación fue la mantención del nivel de agua en los contenedores y el control de la temperatura durante los meses de verano. La frecuencia de abastecimiento hídrico fue aumentada entre los meses de diciembre a marzo ya que dentro del invernadero se genero una mayor evaporación de este elemento producto del mayor nivel de temperatura.

Otro aspecto importante fue ir monitoreando algunos parámetros de la calidad del agua en la cual se encontraba desarrollándose el musgo. Los parámetros más importantes de evaluar correspondieron a la temperatura, la conductividad eléctrica y el pH. De acuerdo a Dominguez (2014) las turberas de *Sphagnum* ombrotroficas tienen una conductividad que fluctúa en un rango que va desde los 20 a 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el agua presente en una turbera minerotrófica donde el musgo *Sphagnum* no crece su conductividad tiene un rango de 120-250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 37),



Figura 37. Medición de parámetros de calidad de agua en contenedores.

Los valores promedio de algunos de los parámetros de calidad de agua registrados corresponden a los siguientes (Cuadro 3)

Cuadro 3. Valores promedio de parámetros de calidad de agua medidos en contenedores

Parámetro	Valor
Oxígeno Disuelto (ppm)	2,35
pH	4,55
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	64
Sólidos totales disueltos (ppm)	32

En relación a la temperatura se puede establecer como recomendación que el control de la temperatura es clave a la hora de generar una producción del musgo *Sphagnum* bajo invernadero, especialmente en el periodo estival. En este sentido es importante la colocación de una malla sombreadora sobre el invernadero y en lo posible sobre los contenedores. En la medida que se cuenten con recursos también podrá ser necesaria la instalación de un sistema de extractores de aire o de microaspersores para disminuir la temperatura mediante la nebulización de agua. Los niveles de temperatura dentro del invernadero no deben superar los 25 C.

Antes de realizar la primera cosecha se registró una nueva medición del crecimiento de la fibra de musgo en el mes de marzo del año 2015 con el fin de conocer el comportamiento de la producción luego del periodo estival. Los resultados del crecimiento en el mes de marzo fueron mucho mejores que los obtenidos en el mes de octubre, corroborando de esta manera lo señalado por Tapia (2008). En el mes de marzo se aprecia un notable desarrollo de los capítulos del musgo con una mayor elongación del caulidio y filidios más alargados y engrosados fortaleciendo de esta manera la fibra. Se observa también un color verde mas intenso en los meses de enero y febrero junto a la clásica tonalidad marrón de este musgo en el mes de marzo (Figura 38). Un aspecto clave para la obtención

de este comportamiento y de estos resultados es el efecto de la malla sombreadora, ya que una sección de un contenedor se dejó expuesto a la radiación directa (sin protección de la malla) y los resultados fueron muy disimiles al ser comparados con el musgo bajo protección de la malla.

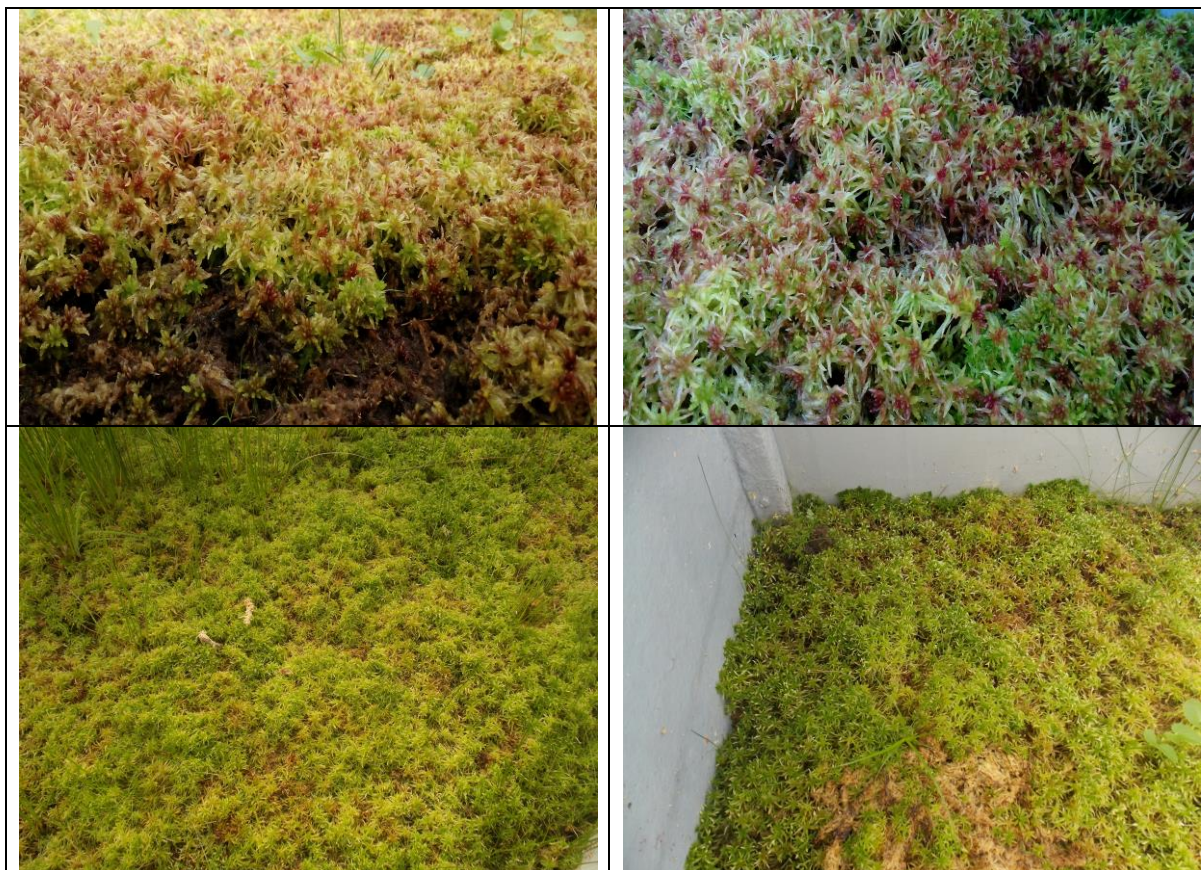


Figura 38. Aspecto del musgo *Sphagnum* en los meses de Enero (fotos inferiores) y mes de marzo (fotos superiores)

Los registros de crecimiento para esta medición indican un crecimiento acumulado promedio de 4,5 cm en un período de 9 meses, llegando incluso a valores de 5 cm en este período. Estos registros indican un crecimiento promedio mensual que va entre los 0,5 a 0,55 cm/mes, lo que reafirma las mediciones anteriores y que dan cuenta de una muy buena tasa de crecimiento en condiciones controladas del musgo *Sphagnum* (Figura 39).

La primera cosecha del musgo se efectuó después de 11 meses de realizada la siembra (mes de mayo de 2015). El sistema utilizado para esta cosecha fue el de bloques alternados, el cual consiste en dividir los contenedores en 10 secciones de 1 m cada uno, generando un total de 10 bloques de similar superficie en cada contenedor (cada bloque tuvo una superficie de 2 m²). Este patrón se mantuvo durante todo el contenedor, cosechando una superficie total de 10 m².



Figura 39. Mediciones de crecimiento para el periodo.

La cosecha se realizó extrayendo manualmente el musgo en los bloques impares y dejando intactos los bloques pares, es decir, se cosechó un bloque por medio. Se optó por este sistema con el objetivo de contar con material vegetal para la recolonización de los bloques cosechados (Figura 40).



Figura 40. Proceso de cosecha del musgo producido artificialmente.

Los resultados de la cosecha indicaron que el peso fresco obtenido por contenedor fue de 50 Kg, no obstante, se reitera que solo fueron cosechadas la mitad de la superficie en cada contenedor (Figura 41).



Figura 41. Pesaje del musgo fresco luego de su extracción

Luego de la cosecha, el material fue transportado al tendal para su secado por un período aproximado de 15 a 20 días (Figura 42). Posterior al secado, el musgo fue transportado nuevamente al invernadero para ser nuevamente pesado. El peso obtenido para el volumen cosechado fue de 4 Kg. de musgo seco, el cual fue destinado en su totalidad a las elaboración de un prototipo de nuevo formato de venta de este producto (Figura 43). Este rendimiento en biomasa también fue bastante auspicioso al compararlo con turberas naturales donde se ha descrito que para un volumen de 50 Kg de musgo cosechado se obtienen solo 2 Kg. de musgo seco (Domínguez, 2014).

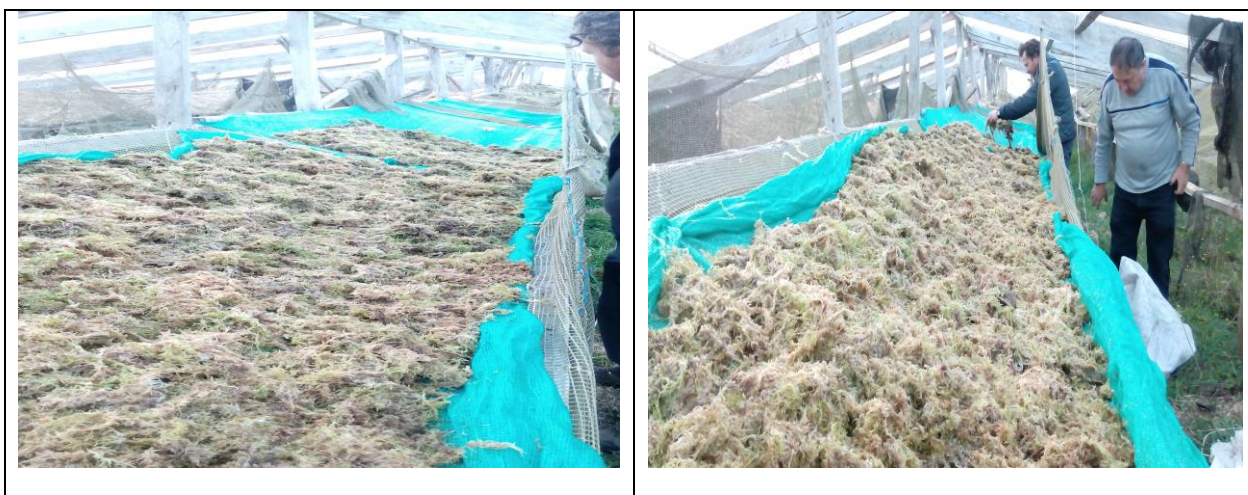


Figura 42. Disposición del musgo en el tendal para su secado.



Figura 43. Traslado del musgo desde el tendal al invernadero para su posterior pesado en seco.

Luego de la cosecha se continuó realizando el abastecimiento de agua y monitoreando el crecimiento del musgo en aquellos bloques donde no se realizó la extracción, además de revisar si progresivamente los bloques cosechados presentaban alguna respuesta de recolonización. Los resultados en este caso no fueron los esperados ya que los bloques cosechados provocaron que se redujera con mayor velocidad la disponibilidad de agua para el musgo remanente debido a que el propio musgo actúa como retenedor de la humedad. En vista de los resultados se optó por cosechar los bloques remanentes luego de un mes de realizada la primera cosecha obteniendo valores ligeramente superiores tanto el peso fresco, peso seco y el rendimiento en biomasa.

A partir de la extracción total del musgo en los contenedores se realizó una nueva siembra del ecotipo seleccionado en las mismas condiciones en las cuales se realizó la primera. Esta siembra fue realizada en el mes de junio de 2016.

Durante todo el segundo período de producción se mantuvieron los cuidados del musgo, mediante la extracción manual de malezas, al menos una vez por mes, el abastecimiento constante y los cuidados con las elevadas temperaturas durante el período estival comprendido entre diciembre de 2015 y marzo de 2016. Dentro de este período se continuó monitoreando el crecimiento del musgo. La última de estas mediciones fue realizada en el mes de abril de 2016 para saber nuevamente el efecto del periodo estival sobre el desarrollo del musgo. Al igual que en el primer período el musgo mostró el mayor nivel de progresión durante este periodo demostrado con una proliferación de filidios de un color verde intenso y una elongación de los caulidios (Figura 44).



Figura 44. Condición del musgo *Sphagnum* luego de la temporada estival.

La segunda cosecha fue realizada en el mes de junio de 2016, es decir, luego de un año de realizada la siembra (Figura 45). Antes de realizar la cosecha se registró una nueva medición de crecimiento de las hebras. Los resultados mostraron crecimientos de 10 cm

promedio durante el año que se mantuvo el musgo en los contenedores, es decir, un crecimiento de 0,83 cm/mes. (Figura 46).

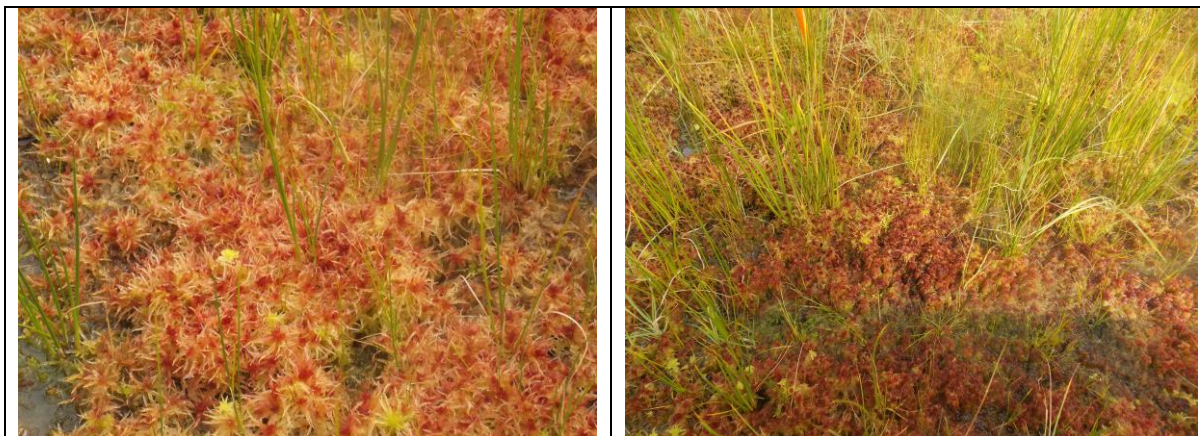


Figura 45. Estado del musgo *Sphagnum* antes de la cosecha.



Figura 46. Crecimiento del musgo antes de la segunda cosecha.

Para esta segunda cosecha el valor de peso fresco de musgo fue de 55 Kg por contenedor en promedio aumentando la productividad al comparar este parámetro con la primera cosecha. Al igual que en la primera cosecha el musgo fue trasladado al tendal para su secado (Figura 47).



Figura 47. Musgo *Sphagnum* en el tendal para su secado.

Luego del proceso de secado el musgo fue pesado nuevamente obteniendo un promedio de 4,5 Kg. por contenedor.

Luego de la cosecha los contenedores fueron nuevamente resembrados para una tercera temporada (Figura 48).



Figura 48. Contenedores resembrados para la tercera temporada.

Referencias

Agüero, T. 2013. Musgo *Sphagnum*: Manejo sostenible del Recurso. Oficina de estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 9 p.

Ardiles, V., j. Cuvertino y F. Osorio. 2008. Briófitas de los bosques templados de Chile. Una introducción al mundo de los musgos, hepáticas y antocerotes. Guía de campo. Publicación CORMA. Santiago, Chile. 166 p.

Clymo R.S & P.M Hayward. 1982. The ecology of *Sphagnum*. En SMITH AJE (ed). Bryophyte Ecology: 229-289. Chapman and Hall, London New York.

Díaz, F., C. Tapia, P. Jimenez y L. Bacigalupe. 2012. *Sphagnum magellanicum* growth and productivity in Chilean anthropogenic peatland. Revista Chilena de Historia Natural 85: 513-518.

Díaz, M.F., W. Silva y C.A. León. 2015. Características de los ecosistemas de turberas, factores que infuyen en su formación y tipos. Cap. 1 p. 27 - 39. En: E. Domínguez y D. Vega-Valdés (eds.). Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA Nº 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Díaz, M.F., G. Zegers y J. Larraín. 2005. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el ponpon en Chiloé. Fundación Senda Darwin. Pontificia Universidad Católica de Chile. 33 p.

Domínguez. E. y J. Larrain. 2013. *Sphagnum magellanicum* (pompon). El musgo de la turbera. Tierra Adentro 102: 21-24.

Dominguez, E., D. Vega-Valdés y C. Muñoz-Escobar. 2014. Restauración ecológica de una turbera de *Sphagnum* en la Región de Magallanes. 65 Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile. Libro de resúmenes. Universidad de Chile. Santiago, 27 al 29 de Octubre. Pág. 123. Trabajo presentación en formato póster.

Dominguez, E. 2014. Manual de buenas prácticas para el uso sostenido del musgo *Sphagnum magellanicum* en Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA Nº 276. 113 pp.

Domínguez, E. y D. Vega-Valdés (eds.) 2015. Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección de libros INIA Nº 33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 pp.

Domínguez, E., M. Doorn, R. Navarro y L. Arancibia. 2015 b. Bases comerciales para el desarrollo sostenible del musgo *Sphagnum magellanicum* en Magallanes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N° 309. 93 p.

Estébanez, B., I. Draper y Díaz de Atauri y R. Medina Bujalance. 2011. Briófitos: Una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural. 2 (9): 19 – 73.

Gignac L.D & D.H Vitt. 1990. Habitat Limitations of *Sphagnum* along Climatic, Chemical, and Physical Gradients in Mires of Western Canada. The Bryologist 93:7-22.

Grosvernier P, Y Matthey & A Buttler. 1997. Growth potential of three *Sphagnum* species in relation to water table level and peat properties with implications for their restoration in cut-over bogs. Journal of Applied Ecology 34:471-483.

Hauser, A. 1996. Los depósitos de turba en Chile y sus perspectivas de utilización. Revista Geológica de Chile 23(2): 217-229.

He, S. 1998. A Checklist of the Mosses of Chile. Journal of Hattori Botanical Laboratory 85:103-189.

INFOR. 2010. Exportación de productos forestales no madereros. Boletines 1, 2, 3, 4 y 5. Santiago, Chile. 109 p.

INFOR. 2011. Productos forestales no madereros. Boletín Instituto Forestal N°8 - Junio.

Iturraspe, R. 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. 32 pp.

Ivanov, K.E. 1981. Water Moviment in Mirelands. Academic Press. Londres.

Joosten, H. & D. Clarke. 2002. Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision – making. Primera Edición. International Mire Conservation Group and International Peat Society. Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi, Finlandia. 304 p.

León, C.A. 2012. Caracterización florística y ecológica de turberas esfagnosas de la Isla Grande de Chiloé-Chile: Una herramienta para la conservación y el desarrollo sostenible. Memoria para optar al grado de Doctor. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. 223 p.

León, C.A., G. Olivan y E. Fuertes. 2011. Taller las turberas y el pompon. Proyecto AECID A/025081/09. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. 14 p.

Navarro, C., E. Guerra, F. Celis y J. Pinares. 2010. Mercado y potencial económico: actualidad y desafíos del bosque nativo. *Revista Bosque Nativo* 47: 18 – 22.

Pardo, J. 2002. Diagnóstico cuantitativo y cualitativo del pon pon (*Sphagnum* sp) en la X región: uso manejo y protección. Simposio Internacional de Geología Ambiental para la Planificación del Territorio organizado por Sernageomin. Puerto Varas, Chile. 5 p.

Richardson, R. 2011. Catastro de turberas productoras de musgo en la región de Los Lagos. *Hemispheric & Polar Studies Journal* 2(4): pp 249 – 266.

Salinas, M. y F. Cartes. 2009. Resultados y lecciones en uso, manejo y protección del musgo *Sphagnum*: proyecto de Innovación en XI Región de Aysén. Valorización a septiembre de 2009. Santiago: Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura. 39 p.

Schofield, W.D. 1985. Introduction to Bryology. Macmillan Publising. Company. New York, USA. 417 p.

Schofield, W.D. 2001. Introduction to Bryology. The Blackburn Press, Caldwell, NJ.

Tacón, A., J. Palma, U. Fernández y F. Ortega. 2006. El mercado de los productos forestales no madereros y la conservación de los bosques del sur de Chile y Argentina. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Valdivia, Chile. 96 p.

Tapia, C. 2008. Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. en turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 74 p.

Varnet, L. 2006. Evaluación del crecimiento de la fase gametofítica de *Sphagnum magellanicum* Brid. en condiciones de laboratorio. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile.

Villagrán, C. & E. Barrera. 2002. Musgos del Archipiélago de Chiloé, Chile. Gobierno de Chile. CONAF.

Estudio del crecimiento del musgo *Sphagnum magellanicum* y *S. fimbriatum* en soluciones nutritivas bajo condiciones de laboratorio

Los musgos del género *Sphagnum* son parte importante en la diversidad vegetal ya que juegan un rol fundamental en los ecosistemas naturales y pueden fijar grandes cantidades de carbono y nitrógeno, además pueden impedir el drenaje del hábitat donde se encuentran colonizando las zonas completamente inundadas sintetizando materia orgánica. Los musgos son un componente importante de la diversidad vegetal en los ecosistemas de bosques que predominan en sectores húmedos y climas fríos (Larraín, 2007), generalmente pequeños, pero pueden alcanzar unos 50 cm de longitud, formando densos cojines o tapices sobre el sustrato del suelo, roca o corteza de árboles u otras plantas (Ardiles *et al.*, 2008).

Se han reconocido alrededor de 13.000 especies de musgos, distribuidas en 700 géneros a nivel mundial (Barrera y Osorio, 2006) entre ellos destaca el género *Sphagnum* que es reconocido con numerosas especies que predominan en las turberas al Sur de Chile y constituyen más del 50% de los humedales en el mundo. Estas plantas son capaces de absorber y retener agua en grandes cantidades (Iturraspe y Roig, 2010).

En Chile se han descrito 16 especies de *Sphagnum* siendo el más abundante el *Sphagnum magellanicum* (Salinas y Cartes, 2009) que es conocido en la Región de Los Lagos como musgo pon-pón, término que proviene del vocablo mapuche *poñ-poñ* que significa esponja (Whilhelm de Mosbach, 1992). Su estructura está conformada por un eje llamado caulidio (tallo), filidios que son los apéndices fotosintéticos capaces de obtener su propio alimento en el ambiente y los rizoides que son filamentos de anclaje al sustrato (Díaz *et al.*, 2005).

Son conocidas como plantas terrestres no vasculares jugando un rol importante en el ecosistema natural, ya que son capaces de fijar grandes cantidades de carbono y nitrógeno, reducir la erosión del suelo y ayudar a los bosques a mantener una significativa carga de humedad para la existencia de otras especies (Barrera y Osorio, 2006). Además, pueden controlar e impedir el drenaje del hábitat donde se encuentran colonizando las zonas completamente inundadas generando materia orgánica (Scholfield, 1985; citado por Ramírez *et al.*, 2005).

Los usos del musgo *Sphagnum* son diversos, sobre todo en el extranjero donde ha tenido un notable crecimiento en los últimos 10 años; se utilizan principalmente como sustrato para la elaboración del cultivo de orquídeas, purificación de aguas contaminadas por petróleo y también como material aislante y de empaque (Vargas, 2013). En el mercado los precios pagados al productor se han mantenido estables, en la última década han ido variando entre \$600 y \$750 kg de musgo seco en verano, sin embargo en invierno van

aumentando debido a las condiciones climáticas que afectan la etapa de secado es por eso que el precio aumenta entre \$850 y \$1000 el kg de musgo seco (Domínguez *et al.*, 2015). *S. magallenicum* se describe como una especie botánica de musgo de la familia de las Sphagnaceae que se encuentra vinculado a la presencia de la turba lo cual es provocado por la ausencia de aire, un medio ácido y saturado de agua que facilita la producción y acumulación de ésta (Domínguez, 2014). Por otro lado, el *Sphagnum fimbriatum* es el musgo colonizador de turberas, típicamente pequeña y delgada, capítulo de moderado tamaño, tallos verdes pálidos y hojas del tallo especuladas, suelen vivir en la periferia de las turberas formadas por *S. magallanicum* (Ardiles *et al.*, 2008).

Globalmente las turberas cubren 4 millones de km², se distribuyen ampliamente en el hemisferio Norte y tan solo un 4% se encuentran en América del Sur, principalmente en Chile y Argentina (Landry *et al.*, 2010). Se formaron posterior al retroceso de los glaciares formando paisajes cubiertos por hielos y material sedimentario provocando un descenso de la actividad glacial formando lagos someros en los valles glaciares que con el tiempo fueron colonizados por el musgo *Sphagnum* (De Miguel, 2011) donde el tejido muerto se acumula formado y en un lento proceso se va transformando en turba donde se han acumulado en terrenos anegados. Se desarrolla en ambientes con temperatura baja, precipitaciones abundantes y suelos ácidos (Domínguez y Bahamonde, 2012), cumpliendo importantes funciones ecológicas ya que juegan un papel fundamental para conservar la biodiversidad, actuando como refugio para algunas especies de la flora y fauna. (Ramsar, 2004; citado por León, 2012).

En el Sur de Chile es posible encontrar turberas que colonizan los bordes de las lagunas llamadas turberas antropogénicas o secundarias que se forman tras la quema o tala rasa de bosques en sitios con drenaje pobre generando un ecosistema natural relativamente ácido (Díaz y Armesto, 2007). Como señala Domínguez (2014) los musgos del género *Sphagnum* en este ecosistema natural intercambia hidrones por cationes de calcio, magnesio y sodio, provocando una fuerte acidez en estos ambientes eliminando por completo la competencia con otras especies vegetales debido a la toxicidad de aluminio, manganeso e hidrógeno y deficiencia de nutrientes esenciales como el calcio, magnesio y fósforo (Zapata, 2002). Este tipo de suelo es llamado Histosol donde se mantienen acumuladas en grandes cantidades las fibras muertas, bajo condiciones húmedas y frías en donde el material mineral no influye en sus propiedades (Martínez *et al.*, 2009), a medida que el pH disminuye, aumenta la disponibilidad aluminio y manganeso llevándolo a un exceso de aluminio afectando a las plantas con la inhibición del crecimiento radicular lo que reduce su crecimiento y desarrollo (Bernier y Alfaro, 2006).

Los síntomas de toxicidad por manganeso afecta principalmente a las enzimas disminuyendo la respiración y destruyendo por completo la hormona auxina (Casierra-Posada y Poveda, 2005), en cambio la deficiencia de nutrientes esenciales en las plantas como el calcio afecta a los tejidos jóvenes y zonas meristemáticas de raíces, la deficiencia de magnesio presenta clorosis y el molibdeno que afecta a las hojas intermedias y las más viejas (Ascon-Bieto y Talón, 2008), la deficiencia de fósforo demuestra que las esporas de

Sphagnum son incapaces de germinar y formar nuevas plantas donde hay otras adultas ya que la concentración de este nutriente en aguas naturales son insuficientes (Díaz *et al.*, 2005).

Debido a que no existen antecedentes sobre el estudio del crecimiento de esta especie bajo condiciones de laboratorio (artificial), se propone una metodología que se expone a continuación, así también los resultados más relevantes obtenidos en esta temática a través del proyecto FIA denominado “Plan piloto de masificación artificial de musgo sphagnum” (PYT 2012 – 0087).

Colecta y preparación de fibras

Para la colecta de las fibras del musgo (Figura 49), se deben evitar extraer en las horas de más calor. En esta etapa, el material vegetal debe ser colectado por grupos de fibras, no individual, a fin de evitar su temprano deterioro. Las fibras se almacenan en un cooler al que se le agrega agua del mismo sitio de colecta con el propósito de mantener la humedad durante el traslado. Así también se debe en lo posible mantener una baja temperatura al interior del cooler para limitar la transpiración. En laboratorio las fibras se separan y se cortan a una medida standard (ejemplo 55 mm) conservando la zona de crecimiento apical que es de un color más verde (Figura 50), luego se enjuagan tres veces en agua destilada y se colocan en matraces de 250 ml con 100 ml de solución nutritiva.

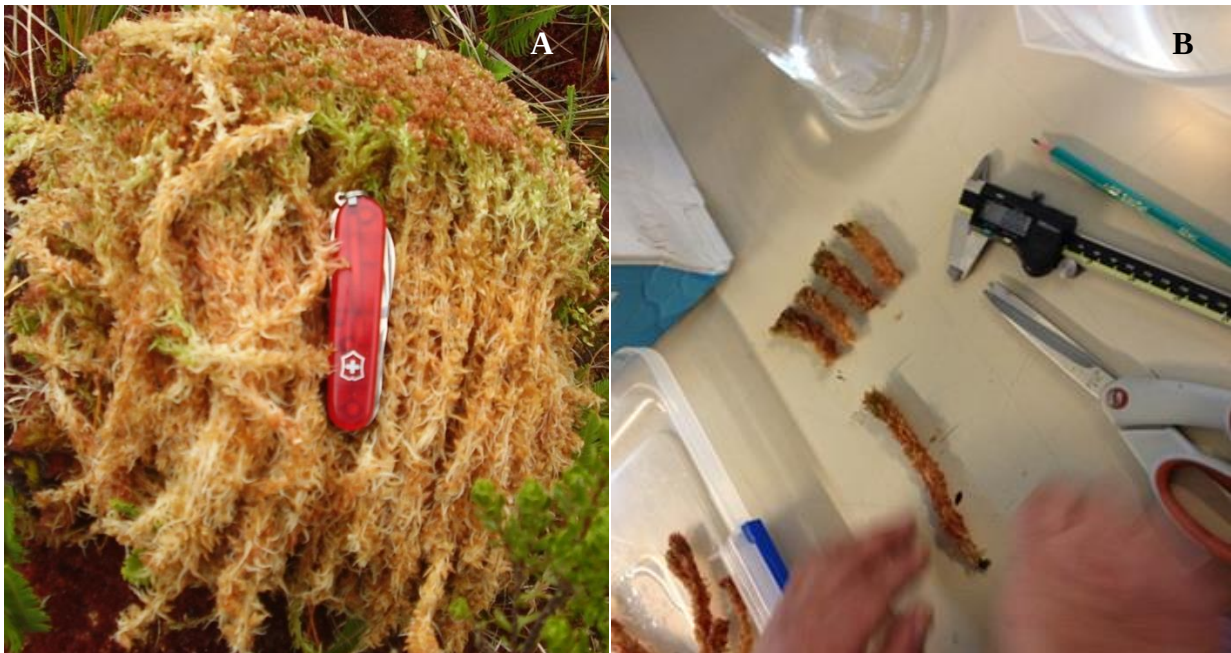


Figura 49. Recolección y corte de fibras apicales de *Sphagnum* para realización de ensayos de crecimiento.

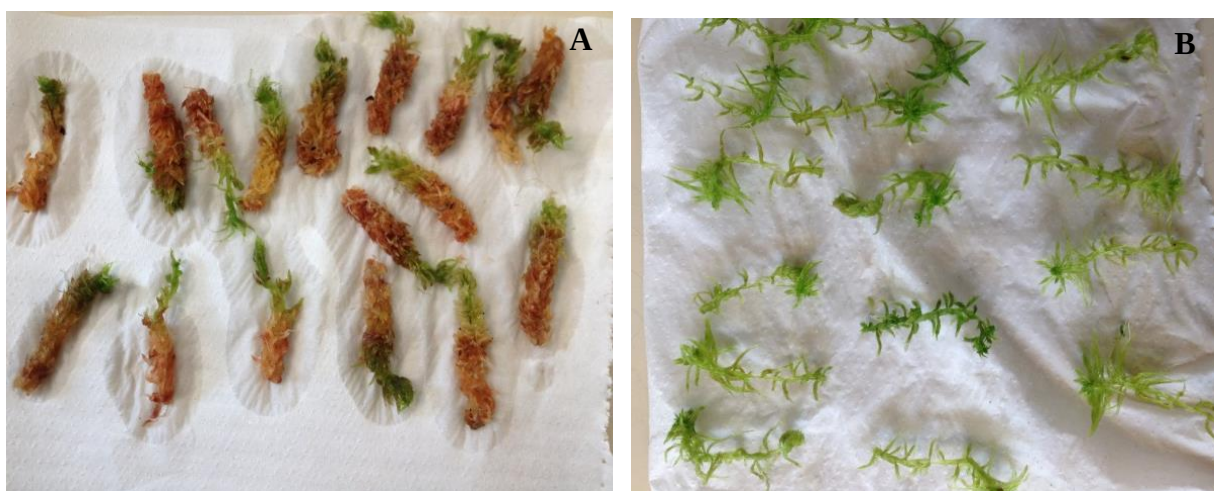


Figura 50. A) Fibras de *S. magallanicum* y B) *S. fimbriatum*.

Preparación medio cultivo

Los medios de cultivo utilizados están compuestos por macronutrientes, micronutrientes, vitaminas y aminoácidos (Figura 51). El medio de cultivo basal puede ser comprado directamente o hacerlo en laboratorio. De los medios comerciales que hemos probado (Gamborg, B5; Quoirin y Lepoivre, QL; Anderson, AND; Murashige y Skoog, MS; y Woody Plant Medium, WPM) Los mejores resultados se han obtenido con el medio WPM y 1/2MS (medio Murashige y Skoog a la mitad de su concentración) tanto en las especies *S. magallanicum* y *S. fimbriatum* a un pH en un rango de 4,0 a 4,5. El ajuste de pH se realiza con soluciones de NaOH 1% y HCl 1N utilizando un pH-metro. Para el caso de emplear un tratamiento control (solo agua) se recomienda adicionar como buffer 3 mM L⁻¹ de ácido 2-(N-morfolino) etano sulfónico (MES).



Figura 51. A) Medios de cultivos comerciales, B) Regulación de pH en el medio de cultivo.

Condiciones del cultivo

Las fibras son incubadas por 60 días en cámara de cultivo. Se colocan cinco hebras de musgos en cada matraz Erlenmeyer correspondiendo a la unidad experimental (Figura 52). Cada matraz se cubre con papel aluminio y posteriormente se incuban en cámara de cultivo a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, con tubos fluorescentes de luz fría blanca bajo un fotoperíodo de 16 h luz, 8 h de oscuridad y una intensidad lumínica de $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (tubos Philips TLD 36W/54). Durante el período de luz, un agitador orbital mantiene una rotación constante de 50 rpm en los medios de cultivo, los cuales son renovados total o parcialmente cada 10 días, este recambio posibilita extraer el medio líquido cuya composición se ha ido modificando y las algas que se han desarrollado a través del tiempo. Mayores revoluciones del agitador no se recomiendan, ya que pueden dañar las fibras o desarmarlas, especialmente en la región distal. Es preferible la agitación del medio líquido a uno estacionario ya que permite la oxigenación y también disminuye la presencia de hongos. La agitación y oxigenación puede ser suplida con una bomba de aire y piedras difusoras, similar a los sistemas que se emplean en los acuarios.

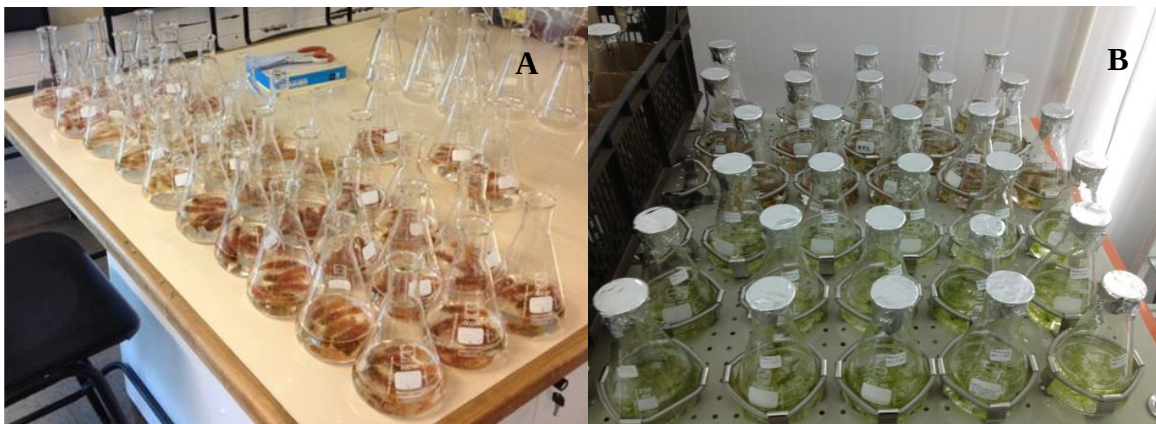


Figura 52. Fibras de *S. magellanicum* en matraces Erlenmeyer de 250 ml, B) Fibras de *S. fimbriatum* en cámara de cultivo con agitación orbital.

Las variables de respuestas que se comúnmente se evalúan son ganancia de peso fresco o en base materia seca (g) y longitud de la fibra (mm). Para determinar la ganancia de peso, se pesan las muestras de cada frasco en su conjunto en una balanza analítica al inicio y una vez finalizado el ensayo al igual que la longitud de la fibra, para esto último es recomendable un pie de metro digital (Figura 53).



Figura 53. Evaluación de peso y longitud de la fibra en *S. magellanicum*.

Respuesta al crecimiento de *S. magellanicum* vs *S. fimbriatum*.

De acuerdo a nuestras investigaciones, los niveles de pH óptimos para el incremento de peso de la fibra de *S. magellanicum* es 4,0 en tanto que para *S. fimbriatum* es un rango más amplio que va de 4,0 a 5,0. Por otra parte, si bien el pH estimula el crecimiento, para el caso de *S. magellanicum* este crecimiento se basa principalmente en el incremento del peso, situación que puede ser corregida mediante el aporte exógeno de hormonas como GA₃ al medio de cultivo en concentración de 10 μ M, lo cual ha promovido el crecimiento en longitud. En cualquier caso el crecimiento en condiciones de laboratorio ha sido muy superior al reportado bajo condiciones naturales.

Referencias

- Ardiles, V., J. Cuvertino y F. Osorio. 2008.** Guía de campo briófitas de los bosques templados de Chile. Una introducción al mundo de los musgos, hepáticas y antocerotes que habitan los bosques de Chile. 168 p. Editorial Corporación Chilena de la madera. Corma. Concepción, Chile.
- Azcón-Bieto, J., y M. Talón. 2008.** Fundamentos de fisiología vegetal. 655 p. 2da edición. McGraw-Hill -Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España.
- Barrera, E., y F. Osorio. 2006.** Briófitas: musgos, hepáticas y antocerotes. Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos. 351p. Editorial CONAMA. Santiago, Chile.
- Bernier, R., y M. Alfaro. 2006.** Acidez de los suelos y efectos del encalado. 46p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 151. Osorno, Chile.
- Casierra- Posada, F., y J. Poveda. 2005.** La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp. cv. *Camarosa*). *Agronomía Colombiana* 23: 283-289.
- De Miguel, E. 2011.** Manuales de desarrollo sostenible, conservación y restauración de turberas. 57p. Editorial Fundación Banco Santander. Madrid, España.
- Díaz, F., G. Zegers y J. Larraín. 2005.** Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. 33p. Editorial Fundación de senda Darwin y Caseb. Isla Chiloé, Chile.
- Díaz, M., C. Tapia, P. Jiménez, Bacigalupe. L. 2012.** *Sphagnum magellanicum* growth and productivity in Chilean anthropogenic peatlands. *Revista Chilena de Historia Natural* 85: 513-518.
- Díaz, M., y J. Armesto. 2007.** Limitantes físicos y bióticos de la regeneración arbórea en matorrales sucesionales de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 26.
- Dominguez, E., 2014.** Manual de buenas prácticas para el uso sostenido del musgo *Sphagnum magellanicum* en Magallanes. 113p. Editorial INIA. Chile.
- Domínguez, E., y N. Bahamonde. 2012.** Manual de evaluación de turberas de *Sphagnum* caso de estudio efectos de la extracción de turba sobre el paisaje, Región de Magallanes, Chile. 81p. Editorial INIA Kampenaike. Punta Arenas, Chile.
- Dominguez, E., M. Doorn, R. Navarro, y L. Arancibia. 2015.** Bases comerciales para el desarrollo sostenible del musgo *Sphagnum* en Magallanes, Chile.

- Glime, J. 2007.** Economic and ethnic uses of Bryophytes. *Economic and Ethnic Uses* 27:14-41.
- Haraguchi, A., T. Hasegawa, T. Iyobe, and H. Nishijima. 2003.** The pH dependence of photosynthesis and elongation of *Sphagnum squarrosum* and *S. girgensohnii* in the *Picea glehnii* mire forest in Cape Ochiishi, north-eastern Japan. *Aquatic Ecology* 37: 101-104.
- Hurtado, D., y M. Merino. 1987.** Cultivo de tejidos vegetales. 232p. Reimp (2000). Mexico.
- Iturraspe, R. 2010.** Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. 32p. Editorial Fundación para la Conservación y el uso Sustentable de los Humedales. Buenos Aires, Argentina.
- Landry, J., N. Bahamonde, J. García Huidobro, C. Tapia, and L. Rochefort. 2010.** Canadian peatland restoration framework: A Restoration experience in Chilean peat bogs. *Peatlands International* 2: 50-53.
- Larraín, J. 2007.** Musgos (Bryophyta) de la estación biológica Senda Darwin, Ancud, Isla de Chiloé: lista de especies y claves para su identificación. *Chloris Chilensis*. Disponible en <http://www.chlorischile.cl>. Leído 10 de septiembre de 2015.
- León, C. 2012.** Taller las turberas como recurso educativo. 44p. Editorial MINEDUC; MMA; Mesa humedales de Chiloé; FSD; IEB; Turberas de Chiloé. Chiloé, Chile.
- Martínez, C., X. Pontevedra, J. Novoa, R. Rodríguez, y J. López. 2009.** Turberas ácidas de esfagnos. 64p. Editorial VV.AA. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Santiago de Compostela, España.
- Murray, N. 2006.** Introducción a la botánica. 744 p. Addison-Wesley. Massachusetts, Estados Unidos.
- Pierik, R. 1990.** Cultivo *in vitro* de las plantas superiores. 326p. Editorial S.A. Mundi. – prensa libros. Madrid, España.
- Ramírez, C., J. Armesto, y C. Valdovinos. 2005.** Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. 647 p. Editorial Universitaria, S.A. Santiago, Chile.
- Salinas, M., y F. Cartes, 2009.** Resultados y lecciones en uso y manejo del musgo *Sphagnum*. 39p. Fundación para la Innovación Agraria. Aysén, Chile.
- Tapia, C. 2008.** Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. en turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile. 74p. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

- Teneb, E., y O. Dollenz. 2004.** Distribución espacial de la flora vascular, la humedad y el ph en un turbal de esfagno (*Sphagnum magellanicum* brid.), magallanes, Chile. *Revista Anales Instituto Patagonia* 35: 12.
- Vargas, C. 2013.** Desarrollo de un plan de negocio del musgo pompón (*Sphagnum magellanicum*) para exportación extraído de humedales en la Región de Los Lagos. 100p. Universidad Austral de Chile. Puerto Montt, Chile.
- Vasquez, J. 2008.** Características anatómicas, propiedades físico-químicas y capacidad de retención de agua en gametofitos de *Sphagnum magellanicum* brid. en un gradiente latitudinal. 84p. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Whilhelm de Mosbach, E. 1992.** Botánica Indígena de Chile. 140p. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile.
- Zapata, R. 2002.** Química de la acidez del suelo. 208p. Editorial Sede Medellín, Facultad de Ciencias. Medellín, Colombia.

Agregando valor a la producción de *S. magellanicum*

Los sistemas productivos derivados de las turberas son ecosistemas de humedales con capacidad para acumular y almacenar materia orgánica muerta (turba) derivada de plantas adaptadas a condiciones de saturación hídrica permanente como son los musgos, un reducido contenido de oxígeno y una escasa disponibilidad de nutrientes (Blanco y de la Balze, 2004). Los sistemas de turberas o humedales generan básicamente dos productos comercializables:

El primero es la **Turba**, definida como un suelo orgánico perteneciente a la orden de los Histosoles (USDA, 2014) donde el material que lo genera (principalmente musgo y otros restos vegetales) se acumulan a profundidades variables, encontrándose en distintos niveles de descomposición (Valdés-Barrera et al., 2012), con valores de materia orgánica en base seca superiores al 30% (Biancalini y Avagyan, 2014).



Figura 54. Acumulación de turba en el perfil de un suelo histosol en un pomponal en el Sector de Quillaípe, Región de Los Lagos.

Este material es comercializado para su utilización como sustrato en sistemas agrícolas como horticultura, jardinería, viveros forestales, producciones de hongos (FIA, 2009), así como también su uso como combustible, aislante térmico en construcciones, o como filtro de distinto tipo (Domínguez et al 2015).



Figura 55. Formato de comercialización de turba. Fuente: www.canadianpeatmoss.com

El segundo producto comercializable es la **Fibra**, la cual emplea como índice de calidad la longitud y limpieza de la hebra, comercializándose como producto seco para ser usado principalmente en floricultura (producción de orquídeas) y jardinería dada su alta capacidad de retención de agua, así como medio de embalaje para el transporte de vegetales frescos como frutas, bulbos y flores (Domínguez, et al 2015).



Figura 56. Fibra de *Sphagnum magellanicum*

En la actualidad, la producción de fibra de musgo *Sphagnum* se caracteriza por una alta demandada del mercado internacional (Richardson, 2012, Domínguez et al. 2015) para su utilización principalmente como sustrato agrícola en horticultura o usos como sustrato en jardinería o floristerías con fines ornamentales o en labores de viveros forestales. Otros usos son la fabricación de paneles aislantes (ODEPA, 2013, León 2012), por ende su comercialización se hace en diferentes formatos, aun cuando la exportación mayoritariamente se realiza como producto seco prensado (Figura 57).



Figura 57. Formatos de exportación de musgo *Sphagnum* prensado.

Una problemática que se observa actualmente en la producción de *Sphagnum* es que su explotación o manejo no pasa de ser una actividad de producción primaria, donde la cadena de comercialización del musgo está constituida en gran parte por los pequeños productores, los cuales venden su producción a intermediarios o a empresas exportadoras de manera individual o asociados en cooperativas (Figura 58).

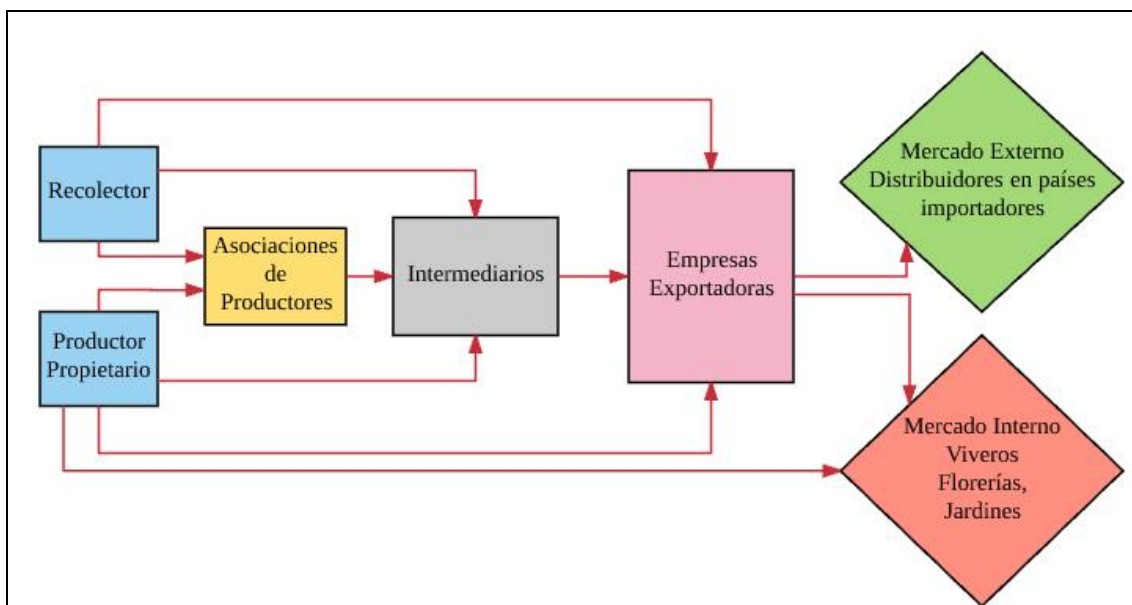


Figura 58. Cadena de comercialización del musgo *Sphagnum magellanicum* en Chile. (Adaptado de FIA 2009).

La venta de fibra de musgo se realiza en base al producto seco en formatos de envases de 150, 500 y 1000 gramos (para venta al detalle), bloques de 3 y 5 kg y sacos de 25 y 30 kg para la venta al por mayor (FIA, 2009). Este modelo de encadenamiento productivo basado en la venta de un producto de producción primaria le otorga una escasa rentabilidad al productor o recolector, generando que las ganancias sean sólo por concepto de grandes volúmenes, lo que supone una mayor presión de extracción sobre el pomponal poniendo en riesgo el funcionamiento del humedal y su sustentabilidad ambiental y económica.

Dada la intensa actividad extractiva a la cual es sometido el pomponal, el producto final que se comercializa en algunos casos se caracteriza por poseer una baja calidad de fibra y baja sustentabilidad, lo cual ha dado pie al proyecto FIA PYT 2012-0087 “Plan piloto de masificación artificial del musgo *Sphagnum*” el que apunta a la producción artificial del musgo, para ser comercializado como fibra y de esa manera mejorar la rentabilidad y resguardar la sustentabilidad del rubro y los servicios ecosistémicos del pomponal.

Frente a esta problemática, el Proyecto FIA PYT 2012-0087 ha querido establecer la generación de un modelo de negocio que de valor agregado a la producción del musgo *Sphagnum*, basándose en la conjunción de tres aspectos relevantes: La calidad de la producción primaria del musgo de manera natural y/o artificial, la sustentabilidad del recurso y el desarrollo de nuevos productos o formatos con mayor valor agregado.

El valor agregado es el valor adicional que adquieren los bienes y servicios al ser transformados durante el proceso productivo (Ministerio de Hacienda, 2016) y que aporta cierta diferenciación de un producto. En otras palabras, es el valor económico que un

determinado proceso productivo adiciona al ya incorporado en las materias primas utilizadas en la producción. El cálculo en términos de valor se usa en algunos cálculos de costo-beneficio, eficiencia económica y/o productividad (Morillo, 2005).

A partir de la producción de musgo obtenido mediante el proceso de masificación artificial se ha generado un nuevo producto o formato, el cual consiste en la fabricación de discos de musgo prensado con diferentes diámetros, los cuales se comercializarán con el objetivo de ir dispuestos ya sea en la base o en la parte media de maceteros utilizados para jardinería doméstica.

Para la elaboración de los discos se fabricó un sistema de prensado hidráulico manual, el cual consta de 9 matrices intercambiables de diámetro 55, 65 y 78 mm con sus respectivos pistones, los cuales prensan a una presión máxima de 20 toneladas (Figura 59), es decir por cada prensado del sistema se obtienen 9 discos de los diámetros anteriormente mencionados.



Figura 59. Sistema hidráulico manual para prensado de musgo *Sphagnum*.

Los diámetros de los discos a elaborar fueron elegidos teniendo en consideración una exhaustiva recopilación de información en cadenas de retail y otras tiendas especializadas en ventas de suministros para la jardinería, lo cual proporcionó información de primera fuente en relación a los distintos formatos y tamaños de maceteros para jardinería. Esta información fue proporcionada por personal especializado en ventas de este tipo de implementos para jardines, los cuales dieron a conocer cuáles son las medidas de maceteros que se comercializan en mayor cantidad en sus secciones. Luego de sistematizar la información, se definieron los tamaños de los discos que se elaborarían en este proyecto, decantándose por discos de diámetro 55, 65 y 78 mm.

Para la confección de los discos se utilizó 3 g de musgo seco para el disco de 55 mm, 4 g para el disco de 65 mm y 5 g de musgo deshidratado para disco de 78 mm respectivamente.



Figura 60. Cilindros matrices para el prensado de musgo y obtención de discos de *Sphagnum* deshidratado con diferentes diámetros.

A los discos de musgo se les incorporó mediante aspersión, propágulos de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en forma de suspensión de esporas del género *Glomus*; este género de HMA estimulan la nutrición y el crecimiento vegetal. Los propágulos de hongos micorrícicos fueron recolectados desde un suelo Andisol de la Región de La Araucanía (CIREN; 2002). Posteriormente, plantas de maíz fueron inoculadas con los propágulos colectados en maceteros (potes trampas), utilizando sustrato inerte (perlita:arena:vermiculita en proporción 1:1:1 v/v) para multiplicar su número y de este modo obtener una alta concentración de esporas en el sustrato. A partir de lo anterior se realizó la recolección de esporas desde el sustrato mediante tamizado en húmedo y gradiente de sacarosa (Sieverding, 1991), obteniéndose de este modo una solución concentrada de esporas de hongos (Figura 61).

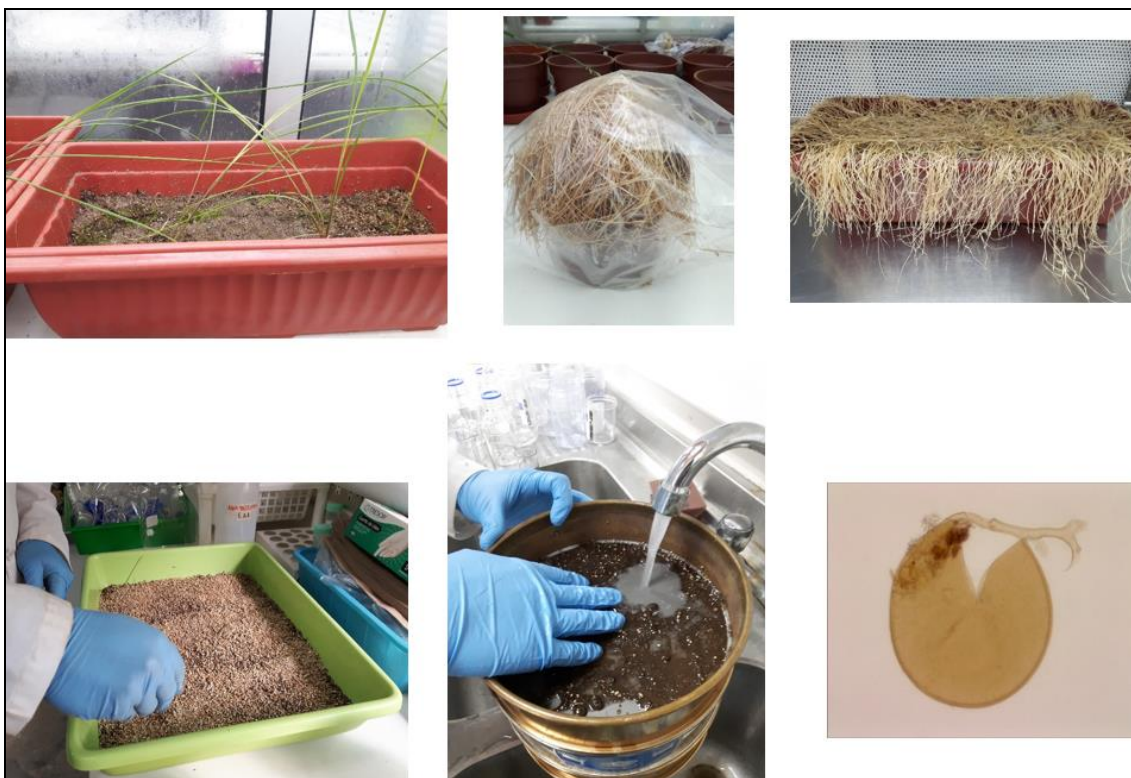


Figura 61. Utilización de cultivos trampas para multiplicar los propágulos de hongos micorrícicos arbusculares, separado en húmedo y obtención de una solución de esporas concentrada.

Los discos desarrollados serán envasados para su comercialización individual en un sachet transparente de material poroso que permita un leve intercambio de aire entre el interior y exterior del envase. A su vez serán etiquetados indicando marca, origen y principales características (Figura 62).



Figura 62. Formato envasado de discos de *Sphagnum* de distintos diámetros.

El producto final es un disco natural de aproximadamente 5 mm de espesor, que por un lado contribuye a mantener la humedad del sustrato o suelo del macetero por más tiempo haciendo un uso más eficiente del riego y también estimula el rápido enraizamiento de la planta y la nutrición vegetal debido a la incorporación de esporas de hongos micorrícicos arbusculares. Probablemente este nuevo formato pueda seguirse modificando y perfeccionando hacia el desarrollo e incorporación en el disco de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) u otros agentes que estimulen una mejor performance de las plantas en condiciones de maceteros.

Conclusiones y Perspectivas

Actualmente la extracción y comercialización de musgo *Sphagnum*, se caracteriza por la venta de un producto natural en formato seco o deshidratado, siendo una producción primaria con escaso valor agregado, lo cual se traduce en un comercio con muy bajo retorno económico para el recolector o pequeño propietario de turberas, privilegiando entonces la venta por volumen extraído, lo cual pone en serio riesgo la sustentabilidad de los pomponales tanto en términos económicos como medioambientales.

La elaboración de un nuevo formato de venta para *Sphagnum* desarrollado a partir de una producción artificial del musgo o de un manejo sustentable del pomponal, puede ayudar en parte a obtener un mayor valor agregado con bajos volúmenes del producto a comercializar y de esa manera bajar la presión de carga extractiva para dicho recurso, contribuyendo así a la sustentabilidad de las turberas.

Un asunto crítico muy necesario es poder generar o reforzar las instancias para la asociatividad y cooperativismo de los productores de musgo, lo cual permitiría mejorar la gestión de la producción, promoción de los productos y la sustentabilidad del recurso y de ese modo poder obtener mejores condiciones de comercialización y por ende un mayor retorno en el tiempo.

Es necesario evaluar otras alternativas de uso no extractivo de las turberas y que promuevan su conservación, como pudiera ser la realización de circuitos de turismo, que integren la vida rural junto a reseñas relacionadas con la importancia ambiental de los humedales o pomponales, que resalten el valor escénico con un énfasis en el reconocimiento de flora característica del pomponal así como el avistamiento de fauna ligada a este tipo de sistemas.

Referencias

Agüero, T. 2013. Musgo Sphagnum: Manejo sostenible del recurso. Boletín Informativo ODEPA. 9 p.

Blanco, D. y de la Balze, V. (eds) 2004. Los turbales de la Patagonia. Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Wetlands International. Publicación N° 19. Buenos Aires, Argentina.

Biancalani, R. y A. Avagyan (eds) 2014. Towards climate-responsible peatlands management. FAO, Roma. 106 p.

CIREN, 2002. Descripciones de Suelos, Materiales y Símbolos. Estudio Agrológico IX Región. Publicación 122. Santiago, Chile. 338 p.

Díaz, M.F., G., Zegers, J. Larraín. 2005. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompón en la Isla de Chiloé. Fundación Senda Darwin. 33 p.

Domínguez, E., M. Doorn, R. Navarro, L. Arancibia. 2015. Bases comerciales para el desarrollo sostenible del musgo Sphagnum en Magallanes, Chile. Boletín INIA N° 309. 93 p.

Dominguez, E., y D., Vega (eds) 2015. Funciones y servicio ecosistémicos de las turberas en Magallanes. Colección libros INIA N°33. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 334 p.

FIA, 2009. Resultados y Lecciones en uso y manejo del musgo Sphagnum. Proyecto de Innovación en XI Región de Aysén. Serie Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario N°52. 39 p.

León C., G. Oliván y E. Fuertes, 2012. Turberas esfagnosas de Chiloé (Chile) y su problemática ambiental. Bol. Soc. Esp. Briol. 38-39: 29-4.

Ministerio de Hacienda (Chile). 2016. Glosarios y definiciones. Disponible en <http://www.hacienda.cl/glosario/valor-agregado.html>

Morillo, M. 2005. Análisis de la cadena de valor industrial y de la cadena de valor agregado para las pequeñas y medianas industrias. Actualidad Contable FACES. 10:53-70.

Richardson, R. 2011. Catastro de turberas productoras de musgo en la Región de Los Lagos. Estudios Hemisféricos y Polares. 2 (4): 249-266.

Sieverding, E., 1991. Vesicular–Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agroecosystem. Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn.

USDA. 2014 Claves para la taxonomía de suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 12° Edición. 400 p.

Valdés-Barrera, A., Repetto, F., Figueroa, A., Saavedra, B. 2012. Acta del Taller: Conocimiento y valorización de las turberas de La Patagonia: Oportunidades y desafíos (24-25 de noviembre 2011, Punta Arenas). Anales Instituto Patagonia. 40 (2): 67-82.