



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

Crecimiento y productividad del musgo *Sphagnum magellanicum* Brid. en turberas secundarias de la provincia de Llanquihue, Chile.

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía.

CAROLINA FABIOLA TAPIA MANSILLA
VALDIVIA-CHILE

2008

PROFESOR PATROCINANTE:

Juan Nissen M.

Ing. Agr., Dr. rer. hort.

PROFESORES INFORMANTES:

María Francisca Díaz I.

Dra. Ecología

Carlos Ramírez G.

Prof. Biol. y Quim., Dr. rec. nat.

INSTITUTO DE INGENIERÍA AGRARIA Y SUELOS

Agradecimientos

En forma especial a mi profesora M^a Francisca Díaz gestora de este trabajo, por las facilidades brindadas y por su contribución a mi formación profesional.

A mi profesor Juan Nissen por su excelente disposición y entusiasmo en sacar adelante este trabajo.

A mi familia por el inmenso apoyo brindado, dándome la libertad de elegir. A mi Papá quien diseñó y confeccionó el instrumento de medición del nivel freático. A la familia Calbucana y Valdiviana.

A Jano por su amor y ayuda incondicional.

A Patricia Jiménez, Erla Silva, Matías Doggenweiler y Sergio Caro por su ayuda indispensable para el trabajo en terreno. A la Agrupación Gremial de Productores del Musgo Pon-pon y a la Cooperativa San Andrés de Calbuco, quienes abrieron sus humedales a la investigación y colaboraron con sus valiosos comentarios e inquietudes.

A la Fundación Senda Darwin mil gracias, por la darme la oportunidad de conocer y difundir la conservación desde la experiencia local.

Al Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad (Fondecyt-Fondap 1501-0001, PUC) y al Instituto de Ecología y Biodiversidad (Proyecto P05-002 ICM, U. de Chile), por su aporte al financiamiento de este estudio.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron en este proceso. A Felipe Osorio quien ha sido una fuente constante de motivación.

Este trabajo está dedicado con amor al musgo Pon-pon y a todas las personas que propician su manejo sustentable.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 El género <i>Sphagnum</i>	3
2.1.1 Las briófitas	4
2.1.1.1 Ciclo de vida	5
2.2 Ecofisiología de <i>Sphagnum</i>	6
2.3 Las turberas	8
2.3.1 Formación de las turberas naturales	9
2.3.2 Turberas secundarias o pomponales	11
2.3.2.1 Caracterización del suelo	12
2.3.2.2 Composición florística.	13
2.4 Factores que afectan el crecimiento.	13
2.4.1 Disponibilidad de agua y microtopografía.	13
2.4.2 Otros factores que afectan el crecimiento.	16
2.5 Productividad y crecimiento.	16
2.6 Estado de conservación de las turberas.	17
2.6.1 Explotación de las turberas.	18
2.6.1.1 Efectos ecológicos de la extracción de turba.	18
2.6.1.2 Efectos ecológicos de la cosecha de musgo vivo.	19
2.7 Manejo sustentable de <i>Sphagnum</i> .	19
2.7.1 Protocolo para realizar un manejo sustentable del pompón (<i>Sphagnum</i>).	20
2.8 Principales usos del musgo <i>Sphagnum</i> .	21

3	MATERIAL Y MÉTODO	23
3.1	Material	23
3.1.1	Materiales utilizados para la instalación de las parcelas	23
3.1.2	Materiales utilizados para realizar las mediciones en terreno	24
3.1.3	Materiales utilizados en laboratorio.	24
3.2	Método	24
3.2.1	Área y período de estudio.	24
3.2.1.1	Descripción de los sitios.	26
3.2.2	Establecimiento de las parcelas.	27
3.2.3	Medición del crecimiento y estimación de la productividad.	28
3.2.3.1	Método de los alambres de acero inoxidable.	29
3.2.3.2	Estimación de la productividad.	30
3.2.4	Medición del nivel freático.	31
3.2.5	Análisis de suelo	31
3.2.6.	Análisis florístico.	32
3.2.7	Método estadístico.	32
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	34
4.1	Crecimiento acumulado de <i>S. magellanicum</i> .	34
4.1.1	Crecimiento de <i>S. magellanicum</i> según microtopografía.	35
4.1.2	Tasa de crecimiento de <i>S. magellanicum</i> .	36
4.2	Productividad de <i>S. magellanicum</i>	36
4.2.1	Biomasa de los caulidios.	37
4.2.2	Densidad de capítulos	37
4.2.3	Productividad.	38
4.3	Nivel freático.	39
4.4	Relación entre el nivel freático y el crecimiento de <i>S. magellanicum</i> .	41
4.5	Vegetación.	44

4.6	Análisis de suelo.	46
4.6.1	Descripción del perfil de suelo.	46
4.6.2	Análisis de musgos de <i>S. magellanicum</i> .	48
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
5.1	Crecimiento de <i>S. magellanicum</i> .	49
5.1.1	Crecimiento y productividad de <i>S. magellanicum</i> y su relación con el nivel freático	50
5.1.2	Diferencias en el crecimiento y productividad entre los sitios de estudio.	52
5.1.3	Crecimiento estacional de <i>S. magellanicum</i> .	54
5.2	Error de medición.	55
5.3	Implicancias en el manejo sustentable de <i>Sphagnum</i> .	56
6.	CONCLUSIONES	59
7.	RESUMEN	61
	SUMMARY	62
8.	BIBLIOGRAFÍA	63
9.	ANEXOS	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Distancia entre los musgos y el nivel freático.	41
2	Frecuencia de especies vegetales por sitio.	44
3	Características del suelo en Huelmo.	46
4	Características del suelo en Quemas.	47
5	Características del suelo en Quillaipe.	47
6	Relación C/N de <i>S. magellanicum</i> .	48
7	Crecimiento de <i>S. magellanicum</i> .	49

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Partes de un hebra de <i>Sphagnum</i> .	6
2	Formación de una turbera natural.	10
3	Esquema de la posición microtopográfica de <i>Sphagnum</i> en el gradiente hidrológico (vista lateral).	14
4	Ubicación geográfica de las tres turberas estudiadas.	25
5	Esquema de una parcela (perfil lateral).	27
6	Esquema del electrodo para detección de la profundidad del nivel freático.	31
7	Crecimiento de <i>S. magellanicum</i> entre sitios de estudio.	34
8	Crecimiento de <i>S. magellanicum</i> , según posición microtopográfica.	35
9	Tasa de crecimiento de <i>S. magellanicum</i> durante los meses de estudio.	36
10	Biomasa de los caulidios entre los sitios de estudio	37
11	Densidad de capítulos entre los sitios de estudio.	38
12	Productividad de <i>S. magellanicum</i> según posición microtopográfica.	39
13	Profundidad del nivel freático entre los meses del año.	40
14	Crecimiento de <i>S. magellanicum</i> en relación a la profundidad del nivel freático relativo a los musgos.	42
15	Relación entre el crecimiento de <i>S. magellanicum</i> y el nivel freático, según posición microtopográfica de los musgos.	43
16	Riqueza de especies vegetales entre los sitios de estudio.	45

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Registros de crecimiento acumulado de <i>S. magellanicum</i> (cm) por sitio.	71
2	Análisis químico de suelos	74

1. INTRODUCCIÓN

Sphagnum magellanicum Brid., conocido localmente como pompón, es un musgo que coloniza terrenos anegados del sur de Chile. En los últimos años se ha hecho conocido por sus múltiples aplicaciones de utilidad para el hombre; sin embargo, forma parte del paisaje desde tiempos inmemorables.

En el mundo, *Sphagnum* constituye la vegetación predominante de las turberas. Estos tipos de humedales tuvieron su origen natural después del último período glacial. Debido a condiciones muy particulares de estos ecosistemas, tienden a acumular grandes cantidades de carbono en forma de materia orgánica semi-descompuesta, la cual se conoce por el nombre de turba.

En la X Región existen otros tipos de humedales, de origen más reciente, en los cuales también abunda el musgo *Sphagnum*; a estos se les conoce por el nombre de “pomponales” ó “humedales antropogénicos”, dado a que muchos de ellos se formaron después de la tala rasa y quema de los bosques. Estas acciones, en conjunto con el mal drenaje de los suelos y la alta pluviometría de la zona, han llevado al anegamiento de algunas zonas de topografía plana. Debido a que *Sphagnum* es el principal componente biológico, al igual que lo es en las turberas, estos humedales se podrían considerar como “turberas secundarias”. Es en estos sitios donde actualmente se cosecha el musgo *S. magellanicum*, para su posterior comercialización.

El musgo se utiliza principalmente como retenedor de agua, abasteciendo a la industria hortícola; algunos ejemplos son: uso en vivero como sustrato de propagación para el cultivo de orquídeas, empaquetado de flores y portainjertos para la exportación, decoración de maceteros, etc.. El musgo se cosecha a mano, luego se seca en tendales, se prensa y se empaca para ser comercializado, principalmente en el mercado internacional.

La disponibilidad de agua es el factor que más influye sobre el crecimiento de *Sphagnum* y ésta depende de la distribución anual de las precipitaciones, la

evaporación y la profundidad media anual del nivel freático. El nivel freático puede presentar variaciones dentro de la microtopografía de la turbera, lo cual podría traer como consecuencia distintas tasas de crecimiento del musgo dentro de un mismo sitio.

Durante la última década, el musgo se ha extraído en forma progresiva e irracional, peligrando así la perdurabilidad del recurso y del ecosistema en que habita. Hoy urge establecer normas para la extracción sustentable del recurso. Para ello, es necesario conocer la tasa de crecimiento y la productividad que experimenta el musgo *S. magellanicum* en los humedales que están siendo cosechados. En nuestro país no existen estudios de crecimiento y productividad de este musgo. El presente estudio se enmarca dentro del proyecto “Mejoramiento de la competitividad del musgo *Sphagnum* como recurso renovable y nuevas oportunidades de negocio para pequeños propietarios de humedales de la X Región” (Proyecto Copec – UC TC026).

Hipótesis:

- Existe una relación negativa entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático relativo a la superficie de los musgos.

Objetivo general:

- Analizar si existe una relación entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático relativo a la superficie de los musgos.

Objetivos específicos:

- Medir la distancia relativa entre el nivel freático y la superficie de los musgos y analizar si existe una relación entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático.
- Evaluar el crecimiento en altura que experimenta el musgo *S. magellanicum*, en tres turberas de la provincia de Llanquihue, por un período de 11 meses.
- Estimar la productividad de *S. magellanicum* y analizar si existen diferencias según la distancia a la cual se encuentran los musgos del nivel freático

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El género *Sphagnum*

Sphagnum es el género más abundante dentro de las briófitas, teniendo una importancia considerable para la ecología y economía mundial (Clymo y Duckett 1986, citados por BUXTON *et al.*, 1996). Probablemente hay cerca de 150 especies reconocibles; sin embargo, han sido descritas más de 300 (SCHOFIELD, 1985).

Clasificación:

- División: Bryophyta
- Clase : Sphagnopsida
- Orden : Sphagnales
- Familia : Sphagnaceae
- Género : *Sphagnum*
- Especie : 200-400 especies en el mundo (cosmopolita)

FUENTE: SCHOFIELD (1985).

Sphagnum está distribuido a través de todo el mundo y se extiende con mayor abundancia en la porción templada fría del Hemisferio Norte, donde es la vegetación dominante de los humedales (SCHOFIELD, 1985). En Chile han sido identificadas 16 especies del género (He, citado por DÍAZ *et al.*, 2005a). En la Isla de Chiloé han sido descritas 5 especies (VILLAGRÁN y BARRERA, 2002):

- *Sphagnum acutifolium* Ehrh. Ex Schrad.
- *Sphagnum cuspidatum* (Ehrh.) Russ. y Warnst.
- *Sphagnum falcatulum* Besch.
- *Sphagnum fimbriatum* Wilst.
- *Sphagnum magellanicum* Brid.

Las especies anteriormente mencionadas, son muy comunes en la Isla de Chiloé, especialmente en las turberas o ñadis, donde cubren uniformemente el piso.

Algunas de ellas semi-sumergidas en pozones de agua, como *S. falcatulum* y *S. fimbriatum* y otras formando enormes cojines hemisféricos, substrato de una diversa gama de diminutas plantas subantárticas, como *S. magellanicum* y *S. acutifolium* (VILLAGRÁN y BARRERA, 2002). *S. falcatulum* crece semisumergida, formando colonias pequeñas; es una especie con disyunción gondwánica¹. *S. fimbriatum* crece en los márgenes de las extensas turberas de *S. magellanicum* y en zonas inundadas en márgenes del bosque; es una especie bipolar². *S. magellanicum* es la especie más abundante del género en los pantanos de la zona de estudio (entre los 39°25'-41°16' S y los 73°02'-73°51' W) (LARRAÍN, 2005). *S. magellanicum* es una especie cosmopolita, forma montículos en las extensas turberas de color blanco rojizo; en Chile, se distribuye desde Malleco, IX Región hasta Magallanes, XII Región (VILLAGRÁN y BARRERA, 2002).

2.1.1 Las briófitas. Se conoce por briófitas a las plantas terrestres no vasculares y por traqueófitas a las plantas terrestres vasculares. Las briófitas son pequeñas plantas herbáceas que crecen muy cerca unas a otras formando cojines sobre rocas y suelo, ó creciendo como epífitas sobre los troncos y las hojas de los bosques. Las briófitas se pueden distinguir de las traqueófitas por dos importantes características. La primera, es que en todas las briófitas la fase gametofítica, que es la más persistente dentro del ciclo biológico, es haploide. La segunda, es que las briófitas nunca forman tejido xilemático que contenga lignina, los tejidos conductores de agua se encuentran en los esporofitos de todas las plantas vasculares (SCHOFIELD, 1985).

Dentro de las briófitas se encuentra la división Bryophyta, la cual agrupa a todos los musgos incluyendo al género *Sphagnum*. También se les llamaba criptógamas, ya que sus órganos reproductivos los tienen ocultos (DÍAZ *et al.*, 2005a)

¹ Las especies con disyunción gondwánica incluyen en sus rangos de distribución el sur de Chile, Patagonia occidental, Nueva Zelanda, Tasmania y sudeste australiano, extendiéndose en algunos a África, Madagascar y Nueva Guinea.

² Las especies con distribución bipolar se encuentran en la región circumboreal y disjuntas en el sur de Sudamérica y/o Nueva Zelanda.

Su estructura consta básicamente de un eje (tallo), que en el caso de las briófitas se denomina “caulidio” y de apéndices fotosintéticos llamados “filidios”, que son análogos a las hojas. Su órgano de anclaje son los rizoides, que no son raíces, ya que no cumplen la función de absorber nutrientes, como lo hacen las raíces de las plantas vasculares (DÍAZ *et al.*, 2005a).

Sus filidios no tienen cutícula, que es una capa de cutina que está presente en las plantas vasculares y que les sirve para evitar la desecación. Por eso, los musgos crecen generalmente en lugares húmedos. Además, estos vegetales dependen del agua para poder reproducirse. Los gametos masculinos deben “nadar” hasta el órgano de reproducción femenino y lo hacen utilizando el agua (SHERRIFFS *et al.*, 2004).

Como no tienen cera protectora ni sistema de conducción de agua, sus niveles de agua varían de acuerdo a la humedad ambiental y por eso se las llama poiquilohídricas (SHERRIFFS *et al.*, 2004). El ser poiquilohídricas y además ser altamente tolerantes a la desecación, ha permitido que las briófitas resistan períodos más largos de estrés hídrico que las plantas vasculares y que se recuperen rápidamente a través de la rehidratación, pues la planta al no tener estomas ni cutícula experimenta un libre intercambio de soluciones y gases a través de toda su superficie. Así, las briófitas a menudo sirven como efectivas trampas de agua y de nutrientes (TURETSKY, 2003).

2.1.1.1 Ciclo de vida. En las briófitas se pueden distinguir dos fases dentro de su ciclo de vida, ellas son la fase gametofítica y la esporofítica. El gametofito contiene los órganos reproductivos (arquegonios y anteridios); es la fase dominante y fotosintética del ciclo, el gametofito puede ser folioso o taloso. El esporofito es el que contiene las esporas, depende nutricionalmente del gametofito y su tiempo de vida es más corto (DÍAZ *et al.*, 2005a).

La reproducción sexual ocurre por la fusión de los gametos. Los espermios son liberados por el anteridio. La ovocélula fecundada por el espermio dará lugar al esporofito. El rol del esporofito es producir esporas, que son las diásporas por las cuales las especies de musgos se dispersan y pueden colonizar terrenos alejados.

Luego, la espora germina formando una estructura llamada protonema, la cual finalmente dará origen a un nuevo gametofito (DÍAZ *et al.*, 2005a).

2.2 Ecofisiología de *Sphagnum*.

El género *Sphagnum* presenta un crecimiento predominantemente apical e indeterminado, por ello el ápice principal en el espacio es también el mismo ápice en el tiempo (CLYMO, 1970). CLYMO y HAYWARD (1982), describen que los caulidios crecen paralelos unos con otros. Los entrenudos del caulidio, a la altura del ápice, no se elongan; esto da por resultado que las ramas y filidios acompañantes formen una cabeza compacta llamada capítulo (Figura 1).

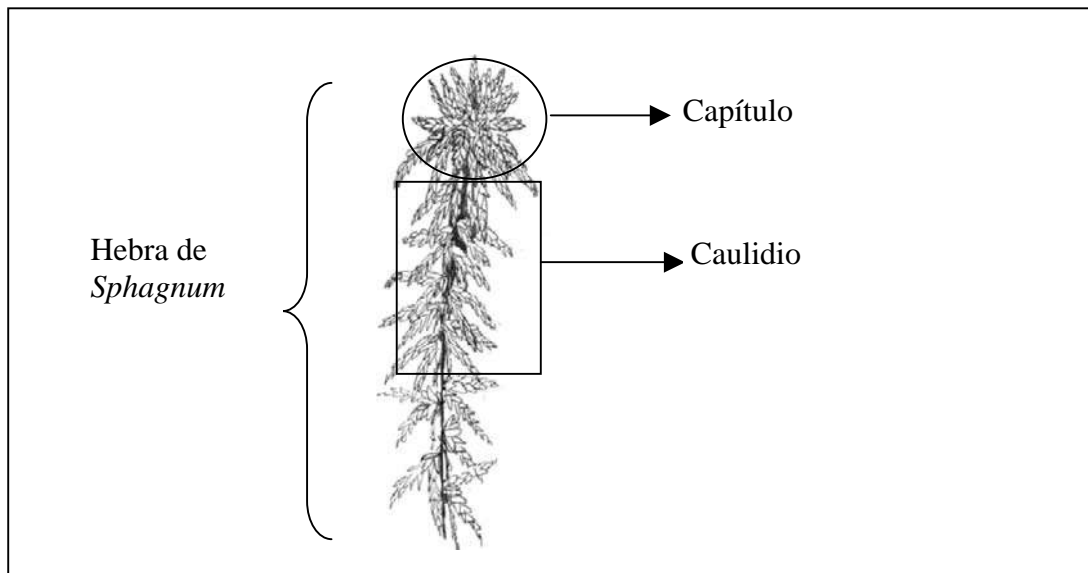


FIGURA 1: Partes de una hebra de *Sphagnum*.

FUENTE: SCHOFIELD (1985)

Los filidios viven uno o dos años; en ese tiempo el crecimiento de las ramas que están por sobre los filidios crean una densa sombra y entonces estos mueren. Las únicas partes que permanecen vivas bajo el ápice parecen ser las yemas axilares. Estas comúnmente permanecen inactivas y eventualmente mueren; pero si el ápice es destruido por medios artificiales (ejemplo por corte) o accidentalmente (por ejemplo sequía) una o más yemas laterales pueden comenzar a brotar de nuevo desde la zona que abarca los 10 cm bajo el ápice. Esta supresión de las yemas laterales, similar a lo que se observa en las plantas vasculares, en las cuales este fenómeno es controlado

por hormonas desde el ápice, sugiere que puede haber mayor transporte vertical en plantas de *Sphagnum* de lo que comúnmente se supone (CLYMO y HAYWARD, 1982).

Un aspecto peculiar de los musgos del género *Sphagnum* es la baja tasa de descomposición del material muerto; por lo anterior, las plantas muertas se acumulan como turba. Hay varias razones del por qué ocurre esto. Una es la inusual baja concentración de nitrógeno en estas plantas, comúnmente menos del 1% de la materia seca (CLYMO y HAYWARD, 1982). No sólo hay una correlación positiva entre la tasa de descomposición y la concentración de N, sino que el incremento en la concentración de nitrógeno de las plantas por fertilización incrementa la tasa de descomposición cuando las plantas mueren. La segunda razón pueden ser las condiciones ácidas del medio, que son producidas por el mismo *Sphagnum* (CLYMO y HAYWARD, 1982). Las paredes celulares de *Sphagnum* presentan una notable capacidad de absorción, siendo capaces de absorber selectivamente iones básicos y liberar iones de hidrógeno; así incrementa la acidez de su medio acuático (SCHOFIELD, 1985). La tercera razón, por la cual las tasas de descomposición son muy bajas está asociada con el ambiente permanentemente húmedo, condición que requieren la mayoría de las especies de *Sphagnum*. No muy abajo del ápice (entre los 2-20 cm bajo el ápice) la turba se encuentra saturada de agua (CLYMO y HAYWARD, 1982). En este ambiente saturado de agua el oxígeno es un elemento que se encuentra en bajísima concentración; esta condición, sumada a la acidez del medio, dificulta la acción de algunos organismos descomponedores.

Otro aspecto particular, es la gran capacidad de retener agua que poseen las especies del género *Sphagnum*. Para ello, sus caulidios y filidios poseen células grandes con paredes provistas de perforaciones, que una vez muertas permiten la entrada de agua en su interior (BLANCO y BALZE, 2004). Estas células llamadas células hialinas, pueden absorber rápidamente el agua a través de sus poros (de diámetro de 5-20 μm). Estas células pueden contener mucha agua, pudiendo abarcar alrededor del 80% del volumen del musgo; además el agua puede ser retenida con una succión de 10-100 kPa (VAN BREEMEN, 1995). Algunas especies de *Sphagnum* se ha visto que pueden absorber hasta 20 veces su peso seco en agua. La combinación de células porosas y de ramas colgantes hace de cada planta una

eficiente red de capilares (SCHOFIELD, 1985). VAN BREEMEN (1995) sostiene que cuando el nivel freático baja, la capilaridad se incrementa. Se ha observado que especies del género *Sphagnum* que incrementan su altura sobre el nivel freático poseen un incremento en la capacidad de conducir agua, esto se explica por la capilaridad.

2.3 Las turberas.

Las turberas son el tipo de humedal más extenso del mundo, representan del 50 al 70 por ciento de todos los humedales y cubren más de cuatro millones de km² (o el tres por ciento) de la superficie terrestre y del agua dulce del planeta (INTERNATIONAL PEAT SOCIETY e INTERNATIONAL MIRE CONSERVATION GROUP, 2002).

El principal componente biológico de las turberas, es el musgo *Sphagnum*, el cual a su vez forma un ambiente pobre en nutrientes (baja concentración de nitrógeno), ácido, anóxico y frío, descrito para las turberas en general (VAN BREEMEN, 1995).

Estos ecosistemas se conforman por estratos subyacentes originados por acumulación de materia orgánica de origen vegetal en distintos estados de degradación anaeróbica (sin la presencia de oxígeno) y un estrato superficial biológicamente activo, conformado por asociaciones de especies, entre las que predominan plantas hidrófilas con gran capacidad de retener humedad, en especial los musgos del género *Sphagnum* (Iturraspe y Roig 2000, citado por DÍAZ *et al.*, 2005a). Se han diferenciado dos estratos funcionales dentro de las turberas: el acrotelmo el cual es un estrato oxigenado, poroso, y que generalmente tiene un espesor de 0,4-0,5 m; seguido por un estrato anóxico, el catotelmo, el cual está permanentemente saturado de agua y que puede llegar a medir varios metros (Ingram 1978, Clymo 1984, citados por MALMER y WALLÉN, 1993). La base del acrotelmo se asume que se encuentra en la misma posición del nivel freático (Lähde 1969, Ingram 1978, citados por MALMER y WALLÉN, 1993). Prácticamente toda la actividad biológica, los procesos de acumulación y descomposición de la materia orgánica y la mayor parte de los movimientos de agua ocurren en el acrotelmo. En el

catotelmo, sólo ocurre una lenta descomposición de la materia orgánica y un lentísimo movimiento de agua (MALMER y WALLÉN, 1993).

En el catotelmo se acumula la turba, que está formada por restos de plantas muertas y parcialmente descompuestas que se han acumulado *in situ* en terrenos anegados. El depósito de turba puede estar o no cubierto por vegetación que se esté transformando en turba, o pueden carecer completamente de vegetación. La presencia de turba o de vegetación en condiciones de transformarse en turba es la característica principal de las turberas (RAMSAR, 2004). En este sentido estricto, no se considera biomasa a la turba acumulada (BLANCO y BALZE, 2004).

Las turberas han sido reconocidas internacionalmente como uno de los mayores almacenamientos de carbono del mundo, que superan al de los bosques (RAMSAR, 2002). Se cree que contienen cerca de un tercio de todo el carbono que se encuentra en el suelo, a pesar de que sólo cubren del 4 al 5% de la superficie terrestre (WADDINGTON *et al.*, 2003). Las turberas que acumulan materia orgánica de forma activa son sumideros de carbono (RAMSAR, 2002).

También se ha reconocido su inmensa capacidad de retener grandes cantidades de agua. Este aspecto hace que las turberas tengan una influencia significativa en la hidrología y el clima de las áreas donde ellas se extienden (BLANCO y BALZE, 2004). Las turberas cumplen importantes funciones ecológicas en la prevención de las inundaciones y condicionan las características de drenaje en las cuencas hídricas en las que se encuentran, pues absorben la precipitación y la escorrentía directamente; por otra parte, protegen la calidad del agua interceptando y filtrando la escorrentía y proveen de habitats críticos para comunidades únicas de plantas y animales (DÍAZ *et al.*, 2005a). En Chiloé, por ejemplo, donde la única fuente de agua dulce proviene de la lluvia y las aguas subterráneas (no hay agua de deshielo que proviene de la Cordillera de los Andes), la existencia de grandes extensiones de turberas se hace aún más importante (DÍAZ *et al.*, 2005a).

2.3.1 Formación de las turberas naturales. Durante las eras glaciales del Pleistoceno (desde hace 1.6 millones hasta 10 mil años antes del presente), gran parte del territorio de la Décima Región fue afectado por una intensa actividad glacial. En el último ciclo glacial, hace 18 a 20 mil años, los hielos cubrieron el valle central de

la zona de Los Lagos, así como la mayor parte de la actual Isla de Chiloé (VILLAGRÁN, 1988). Este tipo de ambientes, con historias glaciales recientes, poseen un gran número de geoformas propicias para el desarrollo de turberas (BLANCO y BALZE, 2004).

Los glaciares formaron un paisaje caracterizado por numerosas depresiones, que fueron rellenadas por el hielo y/o material sedimentario (Porter, 1981 citado por CRIGNOLA y ORDOÑEZ, 2002). El descenso de la actividad glacial, hace unos 13.000 años, hizo que se formaran numerosos humedales y lagunas someras, que con el paso del tiempo fueron colonizadas por el musgo *Sphagnum* (DÍAZ *et al.*, 2005a).

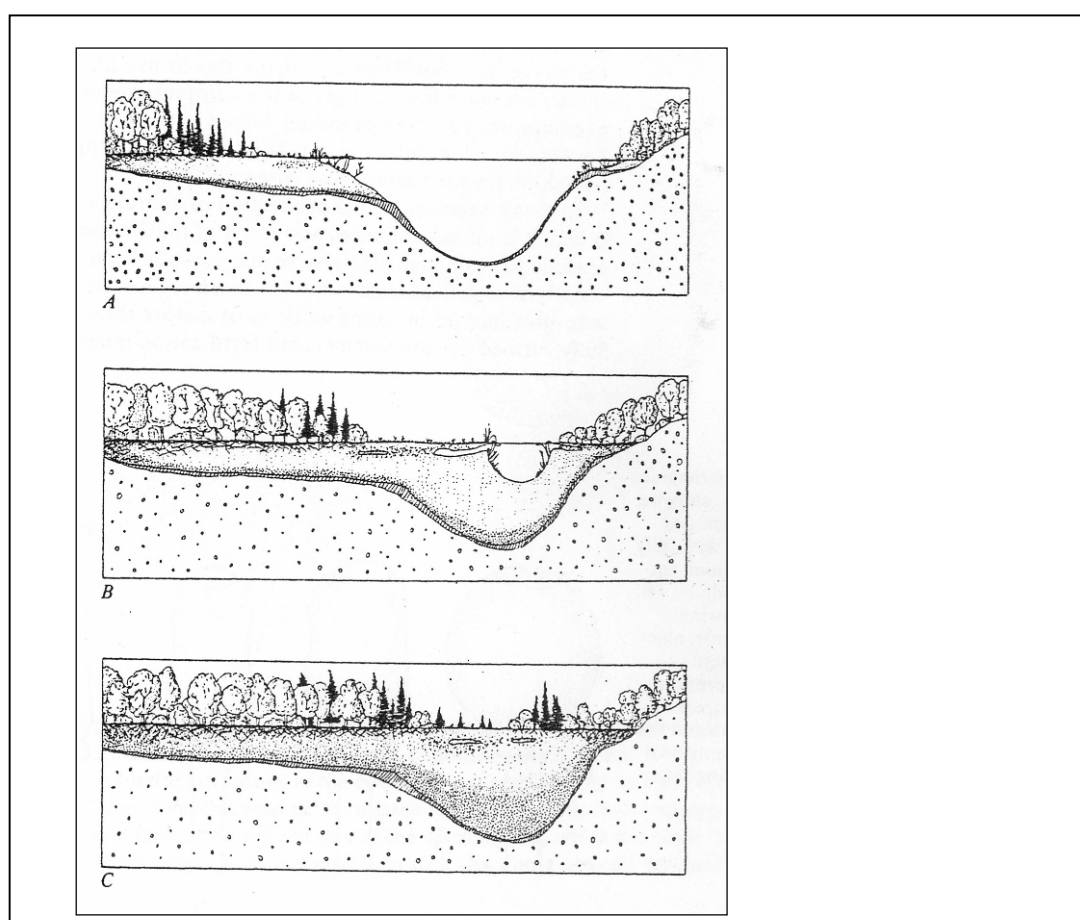


FIGURA 2. Formación de una turbera natural.

FUENTE: SCHOFIELD (1985).

En la Figura 2 se ilustra la formación de una turbera natural. Los musgos de *Sphagnum* colonizan los bordes de las lagunas hasta llegar al centro, dando origen a

una matriz orgánica (turba) sobre la cual, a lo largo del tiempo, es posible la colonización de otros tipos vegetacionales como los matorrales y bosques (SCHOFIELD, 1985).

En Chile, las turberas se distribuyen desde la cordillera Pelada, en la provincia de Valdivia, en la cordillera de la Costa en Osorno, en la isla de Chiloé, en los Chonos y en el Seno de Ultima Esperanza (Oberdorfer 1960, Pisano 1977, Roig *et al.* 1985, citados por BLANCO Y BALZE, 2004). Su límite austral está en la Isla de Navarino, Seno Almirantazgo y Estrecho de Magallanes, en la Península Brunswick (BLANCO Y BALZE, 2004).

2.3.2 Turberas secundarias o pomponales. Desde mediados del siglo XIX, al iniciarse la colonización europea de las Regiones de la Araucanía y de Los Lagos, se produjo una gran pérdida de cobertura de bosques, debido a la utilización de madera o leña y al uso indiscriminado del fuego en la habilitación de terrenos para la agricultura y la ganadería. Así, desde 1850 hasta hoy, han tenido lugar los mayores procesos de explotación y destrucción del bosque nativo a gran escala (ARMESTO *et al.*, 1994). Debido a las características de drenaje pobre de los suelos post-glaciales, la tala del bosque puede tener efectos irreversibles sobre la hidrología del ecosistema. La desaparición del dosel de los bosques templados siempreverdes puede causar una reducción importante de la evapotranspiración, produciendo inundaciones en tierras bajas y depresiones con drenaje pobre (WILLSON y ARMESTO, 1996; DÍAZ, 2004).

Algunos de estos sitios anegados han sido colonizados por el musgo *Sphagnum*, creando un paisaje parecido al de las turberas naturales; es por esto que DÍAZ *et al.* (2005a), hacen una distinción entre las turberas naturales y las turberas en formación llamadas comúnmente “pomponales”. El componente principal sigue siendo el musgo *Sphagnum*, pero éstas difieren de las turberas naturales en varios aspectos. Los pomponales, por tratarse de sitios relativamente jóvenes, presentan una escasa acumulación de turba. Gran parte de estos, fueron originados por quema o tala rasa de los bosques en sitios con drenaje pobre, lo cual les concede un origen antropogénico (DÍAZ *et al.*, 2005a). Luego de estudios de la flora de pomponales y de turberas en la Isla Grande de Chiloé, es posible concluir que también existen

diferencias en la composición florística entre estos dos ecosistemas (DÍAZ *et al.*, 2006).

PISANO (1983) comenta que durante los años 1920-1930, en la región de Magallanes, se taló selectivamente y luego se quemó el bosque de *Pilgerodendron uvifera-Nothofagus betuloides*. La reducción de la interceptación de la luz por la eliminación del bosque y la oxidación de los ácidos húmicos acumulados permitieron la reinvasión de *S. magellanicum* sobre el área. Desde esa época hasta el presente, *S. magellanicum* está creciendo activamente, las condiciones aún no son adecuadas para el establecimiento de *N. betuloides*; sin embargo individuos aislados de *P. uvifera* son frecuentes.

Una situación parecida a la de Chile ha ocurrido en Nueva Zelandia. WHINAM y BUXTON (1997) comentan que actividades humanas, particularmente la tala del bosque en áreas con mal drenaje, pueden favorecer la colonización de *Sphagnum*, el cual a menudo se hace dominante. Estos sitios deforestados son hoy en día uno de los mayores sitios de cosecha comercial de *Sphagnum* en la isla del Sur de Nueva Zelandia.

2.3.2.1 Caracterización del suelo. Existen suelos en el Sur de Chile que permanecen anegados durante gran parte del año; estos han sido catalogados como suelos de tipo Ñadi. Según SCHLATTER y SCHLATTER (2004), los suelos ñadi son suelos derivados de cenizas volcánicas sedimentadas sobre arenas y/o gravas, en superficies planas o casi planas del valle central en el sur de Chile. Las arenas y gravas son depósitos fluvio-glaciales, producto de la última glaciación y la dinámica relacionada a ella. Presentan distinto grado de cementación, principalmente en sus capas superficiales, causada por óxidos u otros compuestos cementantes, precipitados durante el continuo paso de agua de evacuación (con elementos disueltos en suspensión), proveniente de los sectores ondulados colindantes o de la precordillera. Permanecen entre cuatro y ocho meses saturados de agua, generalmente entre mayo y septiembre, por el lento drenaje horizontal (dada la topografía plana) y la limitada o nula percolación vertical (por la cementación de arenas y/o gravas). En el suelo se activan procesos de óxido-reducción que le imprimen características propias, dando origen al conocido fierrillo en la zona de contacto entre la ceniza y la arena o grava

que la sustenta y que agudiza la impermeabilidad al agua de estos sustratos (SCHLATTER y SCHLATTER, 2004).

2.3.2.2 Composición florística. La vegetación nativa de los suelos ñadi es heterogénea y discontinua, pero en ellos se presentan especies que aceptan suelos excesivamente húmedos en invierno, dando origen a un tipo de bosque perennifolio. En aquellos ñadis más delgados o de más rápido drenaje se presentan especies caducifolias por su secamiento estival (Ramírez *et al.* 1993, citados por SCHLATTER y SCHLATTER, 2004). En algunos casos pueden presentar abundante *Sphagnum*, lo que les confiere un aspecto de pantano turboso (SCHLATTER y SCHLATTER, 2004). En la asociación vegetal *Sphagnetum magellanicii* (Pisano, 1977), descrita para la Cordillera Pelada (altitud promedio 500 msnm; X Región, Chile), comúnmente llamada turberas de pompón ó mallín, se han identificado 47 especies, con abundante presencia de *Nothofagus antarctica*, que suele alcanzar hasta los seis metros de alto. La especie más importante es *S. magellanicum*, formando cojines blandos como montículos, donde se hunden los pies. Además, también son importantes *Baccharis magellanica*, *Chusquea nigricans*, *Blechnum penna-marina* y *Myrteola nummularia*. Es común encontrar *Lepidothamnus fonckii* (ciprés enano) (SAN MARTÍN *et al.*, 2004; RAMÍREZ y SAN MARTÍN, 2005).

2.4. Factores que afectan el crecimiento.

La disponibilidad de agua es el factor más importante en la selección de especies de *Sphagnum* y su crecimiento. Este factor depende de la distribución temporal de las precipitaciones, la evaporación y de la media anual del nivel freático (GROSVERNIER *et al.*, 1997). Los requerimientos ambientales generales para *Sphagnum* son una disponibilidad de agua segura con una concentración relativamente baja de Ca (CLYMO y HAYWARD, 1982).

2.4.1 Disponibilidad de agua y microtopografía. En situaciones prístinas existe una representación de los diferentes microhábitats a lo largo del gradiente hidrológico de las turberas. Se conoce por "hollow" a los microhábitats más húmedos, corresponden a zonas bajas o depresiones; los musgos que crecen aquí se

encuentran cercanos al nivel freático. "Lawns" son las zonas intermedias entre las zonas más húmedas y las zonas más secas; corresponden a las zonas planas. Por último, "hummocks" son las zonas más altas, las cuales están más lejanas al nivel freático (teniendo menor disponibilidad de agua), a estas zonas se les conoce comúnmente como cojines (Figura 3).

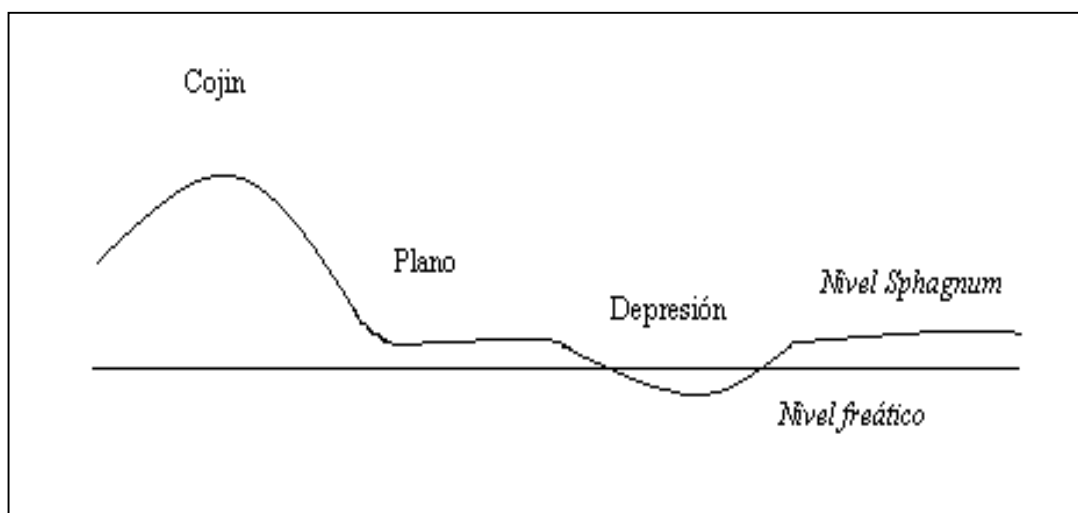


FIGURA 3: Esquema de la posición microtopográfica de *Sphagnum* en el gradiente hidrológico (vista lateral).

Dentro del gradiente hidrológico, cada especie de *Sphagnum* tiene su propio sitio. Así, hay especies de *Sphagnum* que crecen formando cojines, otras que crecen en zonas planas y otras que crecen en contacto directo con el nivel freático (zonas de depresión) (GROSVERNIER *et al.*, 1997). CLYMO y HAYWARD (1982) explican que la taxonomía de las especies del género *Sphagnum* ha agrupado a las especies en secciones, por su anatomía y ecología. Así, especies de la sección *Cuspidata* y *Subsecunda* se encuentran frecuentemente con el capítulo (ápice del musgo) levemente sobre o bajo el nivel freático. *S. cuspidatum* y *Sphagnum subsecundum* pueden encontrarse creciendo semi-sumergidos en pozas o en vertientes. Especies de la sección *Sphagnum*, incluyendo *Sphagnum papillosum* y *S. magellanicum*, son robustos y a menudo forman carpetas o pequeños cojines, siendo especies de zonas de humedad intermedia, mientras que varias especies de la sección *Acutifolia*,

incluyendo *Sphagnum capillifolium* y *Sphagnum fuscum*, usualmente crecen formando cojines, más bien lejanos al nivel freático.

Se reconoce, para el caso de *Sphagnum*, que la humedad presente en el capítulo (lugar de crecimiento y donde se realiza la mayor fotosíntesis) determina la tasa fotosintética (CLYMO, 1970; CLYMO y HAYWARD, 1982). El suministro de agua hacia el capítulo se ha visto que depende, en una forma compleja, de la estructura de las plantas de *Sphagnum* (la cual difiere entre especies) y de la profundidad del nivel freático (CLYMO y HAYWARD, 1982). El suministro de agua está inversamente correlacionado con la profundidad del nivel freático; el cual se encuentra a una mayor profundidad de las especies de los cojines que de las especies de zonas planas y de depresión. Así, la profundidad del nivel freático puede ser usada como una forma conveniente y fácil de expresar el suministro de agua (HAYWARD y CLYMO, 1983).

Se han encontrado diferencias en la productividad de *Sphagnum* según su posición microtopográfica. Se ha comprobado que las especies de la sección *Cuspidata* (zonas de depresión) tienen mayor productividad que las especies de la sección *Acutifolia* (zonas de cojín). En otras palabras, el microhabitat húmedo de las zonas planas y depresiones presenta mayor productividad que las formaciones más de secas de cojín (GUNNARSSON, 2005). Un estudio realizado por WELTZIN *et al.* (2001), se demostró que la producción total de briófitas y la producción de los taxa individuales *Polytrichum strictum*, *Sphagnum magellanicum*, y *Sphagnum* Sección *Acutifolia*, fue alrededor de un 100% mayor en las zonas de microtopografía baja que en las zonas de microtopografía alta, y alrededor de un 50% mayor en las zonas de microtopografía baja en comparación a las zonas de microtopografía media. Estos resultados indicaron que la producción de las briófitas está fuertemente influida por la altura absoluta y relativa entre el nivel freático y la superficie de briófitas.

GROSVERNIER *et al.* (1997) observaron que el crecimiento de *S. magellanicum* no fue afectado por la profundidad del nivel freático. *S. magellanicum* resistió a la desecación cuando el nivel freático permaneció a 40 cm de profundidad. Su resistencia a la desecación con una profundidad de nivel freático de 40 cm, puede ser explicada por su plasticidad morfológica (GROSVERNIER *et al.*, 1997). LI *et al.* (1992) han descrito esto y han mencionado, en particular, que estas especies tienden

a construir cojines apretados en situaciones extremadamente secas, mejorando de esta forma las estructuras capilares y el transporte de agua.

2.4.2 Otros factores que afectan el crecimiento. Otros factores como la disponibilidad de luz pueden influir en el crecimiento de *Sphagnum*. En Lewis Pass (un sitio ubicado en Nueva Zelanda a 540 msnm), el crecimiento de *Sphagnum* durante la estación de crecimiento (verano, octubre-mayo), en un sitio no cosechado, varió en relación con el porcentaje de cobertura del dosel de *Nothofagus solandri* var. *cliffortioides*. El crecimiento de *Sphagnum cristatum* en un comienzo aumentó lentamente, cuando el porcentaje de cubrimiento del dosel estuvo sobre el 20%, pero luego decreció en la medida que el porcentaje de cubrimiento aumentó sobre el 40%. En sitios abiertos, el crecimiento de *Sphagnum* se redujo a causa del estrés hídrico de verano (WHINAM y BUXTON, 1997).

Se ha descrito que la tasa de crecimiento de plantas adultas del género *Sphagnum* puede estar limitada por la disponibilidad de fosfatos. Cuando se aplicó roca fosfórica a la superficie de una turbera, se observó que la tasa de crecimiento de *Sphagnum compactum*, *Sphagnum auriculatum*, *S. cuspidatum*, y *Sphagnum tenellum* aparentemente se incrementó y las plantas se tornaron de un color verde manzana (CLYMO y HAYWARD, 1982).

2.5 Crecimiento y productividad.

Existe una teoría sobre el crecimiento de *Sphagnum* descrita por Post y Sernander (1910), Osvald (1923), citados por SVENSSON (1988), llamada “ciclo de regeneración” o “cojín-plano”. Esta teoría sostiene que *Sphagnum* exhibe un patrón de crecimiento dinámico, en el cual los musgos de zonas planas a medida que crecen se van transformando en cojines, mientras que los que originalmente eran cojines pasan a ser planos (Figura 3). De esta manera, las turberas se desarrollan de una manera autogénica.

Los valores de productividad del género *Sphagnum* por lo general son bastante constantes, dentro del rango de 100-600 g M.S. m⁻² año⁻¹. La productividad de *Sphagnum* (g M.S. m⁻² año⁻¹) fue registrada en turberas de Inglaterra por Clymo 1970; Clymo y Reddaway 1974; Smith y Forrest 1978, citados por CLYMO y HAYWARD (1982) y esta fue de 150 (en zonas de microtopografía alta), 500 (en

zonas de microtopografía plana) y 800 g M.S. m⁻² año⁻¹ (en zonas de microtopografía baja).

Carr *et al.*, 1980, citados por WHINAM y BUXTON (1997), sostienen que el crecimiento de *Sphagnum* en zonas montañosas de Australia y Nueva Zelandia es bajo y este fluctúa entre los 0.9 y 7.3 cm*año⁻¹. Sin embargo, se han registrado tasas de crecimiento de 10 cm/año en sitios de baja altitud en Nueva Zelandia. El crecimiento de *Sphagnum* en Victoria varió de 0.9 cm (a 280 msnm) a 5.8 cm (a 540 msnm) y a 1500 m fue 2.7 cm, con un crecimiento promedio a lo largo de estas altitudes de 3.57 cm (± 1.69). En Tasmania el crecimiento del musgo varió desde 3.2 cm (a 860 msnm) a 7.3 cm (a 480 msnm), con un crecimiento promedio, en el rango de estas altitudes de 2.58 cm (± 1.27). El crecimiento del musgo en Nueva Zelandia varió entre los 0.9 cm (a 400 msnm) y los 10 cm (a 10 msnm y 400 msnm). WHINAM y BUXTON (1997), no pudieron encontrar una relación lineal entre la altitud y el crecimiento en ninguna de las tres zonas estudiadas (Nueva Zelandia, Tasmania y Victoria).

2.6 Estado de conservación de las turberas.

En el informe “Examen global de los recursos de los humedales y prioridades de los inventarios de los humedales”, se define a las turberas como un tipo de humedal prioritario y se señala, en particular, que se encuentran amenazadas por el drenaje destinado a generar más tierras para la agricultura y la forestación en Europa, Asia y América del Norte, a pesar de su importancia como sumidero mundial de carbono y como recurso económico (RAMSAR, 2004). En América del Sur las turberas altoandinas sufren modificaciones por el pastoreo excesivo, la desecación con fines agrícolas, el comercio de turba seca y la alteración de cursos de agua naturales para usos humanos (RAMSAR, 2002). ROCHEFORT (2000) comenta acerca de la situación de las turberas en Canadá, afirmando que a pesar de que la mayoría de las turberas de Canadá se encuentran en la zona boreal del norte (170 millones de ha), la degradación y la explotación comercial de las turberas está concentrada en la zona sur del país. Así, los habitats de las turberas de la zona sur, están restringidos en espacio y son desproporcionalmente afectados por el uso intensivo de la tierra. Las turberas pueden ser inundadas para almacenar agua

mientras se construyen embalses, son drenadas para la agricultura y silvicultura, son socavadas para la extracción de turba, o simplemente desaparecen bajo el desarrollo industrial y urbano.

La escasa presencia de *Sphagnum* sobre las turberas cosechadas refleja la pérdida de las funciones naturales de las turberas; estas funciones incluyen la habilidad de los estratos aeróbicos superiores de controlar la escorrentía y las pérdidas por evapotranspiración, además de regular los cambios climáticos por falta o exceso de precipitación (VAN SETERS y PRICE, 2001).

Maltby (1991), citado por BULLOCK y ACREMAN (2003) expone: “la conservación de los humedales debe ser abordada en términos de funcionalidad de los ecosistemas, la cual da por resultado un amplio rango de valores incluyendo la recarga y descarga de las aguas subterráneas, interrupción del flujo por inundación, estabilización de sedimentos, calidad del agua, ...”.

2.6.1 Explotación de las turberas. La extracción de turba y la cosecha de musgo vivo, constituyen actividades extractivas cuyo grado de perturbación en el ambiente difieren entre sí. La primera tiene por objetivo extraer la turba, es decir, la materia orgánica semi-descompuesta que forma los estratos inferiores de las turberas (catotelmo) y la segunda tiene como fin cosechar sólo las partes vivas del musgo, que en general se ubican en los primeros 50 cm de la turbera (acrotelmo) (Ver capítulo 2.3)

2.6.1.1 Efectos ecológicos de la extracción de turba. Los sitios donde se ha extraído turba difícilmente vuelven a ser ecosistemas funcionales, debido a que el drenaje y la extracción de turba provocan una caída en el nivel freático, favoreciendo la descomposición de la turba. De este modo, las turberas cosechadas pueden transformarse en ecosistemas fuente de CO₂ (TUITTILA, 2000; VAN SETERS y PRICE, 2001).

La severa alteración de las condiciones hidrológicas y microclimáticas que han ocurrido en turberas cosechadas, dificultan la recolonización de los musgos del género *Sphagnum* (TUITTILA, 2000; VAN SETERS y PRICE, 2001; McNEIL y WADDINGTON 2003). La experiencia indica, que a falta de acciones humanas que

promuevan la regeneración de estos ecosistemas (por ejemplo restauración), la colonización vegetal en estas áreas es muy lenta. (Famous *et al.* 1991, Joosten 1995, Pfadenhauer & Klötzli 1996 y Price 1996, citados por TUITTILA, 2000).

ROCHEFORT (2000) sugiere que una de las causas de la falta de regeneración natural de los sitios cosechados, parece ser el hecho de que las esporas naturalmente dispersadas, en los vacíos dejados después de la cosecha de turba, son muy pequeñas o muy pocas para poder regenerar el sitio. Después de la cosecha, se sugiere la activa reintroducción de plantas como una acción esencial para la restauración. De este modo, la regeneración natural no ocurre satisfactoriamente y es por esto que se han hecho esfuerzos para elaborar planes de restauración de las turberas cosechadas y planes de manejo sustentable en las turberas que están siendo explotadas. Por lo anterior, DÍAZ *et al.* (2005a) enfatizan que las turberas naturales no debieran ser explotadas, dada la baja regeneración natural y la grave pérdida de funciones ecológicas que ocurre en la turbera y en su entorno.

2.6.1.2 Efectos ecológicos de la cosecha de musgo vivo. Poco es lo que se sabe sobre los efectos ecológicos de la cosecha de musgo. WHINAM y BUXTON (1997), advierten que si cosecha todo el musgo, la regeneración de *Sphagnum* es baja y a veces nula, permitiendo la colonización de otras especies tales como arbustos y/o pastos. En un estudio efectuado en Nueva Zelandia por BUXTON *et al.* (1996), se encontró que la biomasa de *Sphagnum* era menor en sitios donde se ha cosechado el musgo en comparación con los sitios no cosechados o prístinos. Después de la cosecha de *Sphagnum*, se ha observado que el nivel freático queda expuesto (en la superficie de la turbera) y se postula que la posición del nivel freático después de la cosecha, es un factor limitante en la regeneración de *Sphagnum* (BUXTON *et al.*, 1996). BUXTON *et al.* (1996) encontraron que el impacto de la cosecha de *Sphagnum* sobre la regeneración vegetal (estimada a través del número de plántulas), fue muy pequeño.

2.7 Manejo sustentable de *Sphagnum*.

SUNDBERG y RYDIN (2002), sostienen que *Sphagnum* se reproduce fácilmente a partir de ramas desprendidas y segmentos del caulidio (tallo), pero no desde los filidios (hojas). En dos experimentos de cosecha experimental, llevados a

cabo en Black Bobs Marsh en Tasmania y Lewis Pass en Nueva Zelanda, se observó que la regeneración del musgo *Sphagnum*, en términos de porcentaje de cobertura después de la cosecha, resultó ser más rápida cuando se dejó al menos un 30% de musgo cosechable en el sitio, en comparación con dejar la superficie de turba desnuda (WHINAM y BUXTON, 1997).

La extracción artesanal de pompón es una actividad potencialmente sustentable siempre que se realice según un protocolo relativamente simple, empleado en algunos lugares de Chile y en otros países como Nueva Zelanda (Whinam & Buxton 1997; Héctor Aburto 2005 comunicación personal, citados por DÍAZ *et al.*, 2005a). Por todo lo anterior, se propone a los pomponales o turberas secundarias como sitios susceptibles de ser explotados y no las turberas naturales. (DÍAZ *et al.*, 2005a)

2.7.1 Protocolo para realizar un manejo sustentable del pompón (*Sphagnum*).

El siguiente protocolo se basa en recomendaciones para el manejo sustentable elaboradas en Nueva Zelanda por WHINAM y BUXTON (1997) y en la experiencia de los agricultores chilenos pertenecientes a la Asociación Gremial de Productores del Musgo Pompón. Actualmente dicha asociación utiliza como guía este protocolo, de tal modo de realizar un manejo sustentable de musgo que les permita conservar el recurso en el tiempo (DÍAZ *et al.*, 2005b).

Protocolo para realizar un manejo sustentable del pompón (*Sphagnum*)

Formas de minimizar el impacto de la cosecha:

- Realizar una cosecha por parches, es decir, dividir el terreno en pequeñas parcelas e ir cosechando por parcelas. Una vez que se ha cosechado la parcela dejarla descansar hasta que el pompón haya crecido lo suficiente para una nueva cosecha (3 a 5 años).
- Dejar algunos arbustos o junquillos durante la cosecha. En el caso de los junquillos, es recomendable podar las plantas, cortándolas un poco más alto que el nivel de la capa de musgo para así evitar accidentes a la vista al cosechar.
- Dejar algunos montículos de pompón intacto, protegiendo así a las plantas madres que pueden realizar reproducción sexual y producir esporas, las cuales se dispersarán por el viento y aportarán nuevas plantas para futuras cosechas.

- Dispersar las esporas sobre los parches cosechados. Durante el proceso de secado del musgo suele acumularse en el suelo de los secadores, pequeñas partes de las plantas como hojitas, esporas y trozos de tallos, que si son sembrados en un sitio con humedad permanente pueden originar nuevas plantas del musgo.
- Resembrar y aplanar la zona cosechada, para que el musgo nuevo quede cercano al nivel freático. Esto permitirá que el agua esté disponible en todo el sitio y no sólo en las partes bajas.
- Rezagar entre 3 a 5 años, para permitir la regeneración antes de volver a cosechar. Durante este tiempo es recomendable transitar lo menos posible por el sitio, para que el musgo no se dañe.
- Evitar el uso de maquinaria pesada. Retroexcavadoras o tractores pueden producir un daño irreversible en los pantanos, al provocar el drenaje de las aguas. Lo ideal es retirar los sacos tratando de ejercer el menor impacto en el sitio. Facilitar el drenaje puede detener completamente el crecimiento del musgo.
- Minimizar los caminos y drenajes en la turbera trabajada.

2.8 Principales usos del musgo *Sphagnum*.

El musgo *Sphagnum* es utilizado por productores de orquídeas, como sustrato de propagación, como también se utiliza para envolver rosas y portainjertos de árboles frutales que van a ser transportados largas distancias (WHINAM y BUXTON, 1997). CRIGNOLA y ORDOÑEZ (2002), comentan sobre algunos usos de *Sphagnum* en la horticultura, “se utiliza como acondicionador de tierras de cultivos agrícolas, cobertura de suelos, sustratos para jardines; para el almacenaje de frutas, verduras y bulbos de flores que se envían al mercado exterior; para cultivos hidropónicos; como materia orgánica para el cultivo de champiñones; como sustrato en la aplicación de abonos muy solubles, ya que estos se mantienen adheridos a *Sphagnum* impidiendo su lixiviación; como material de cama de animales de establo”.

Históricamente, la turba de *Sphagnum* ha sido cortada en bloques y luego secada, para ser quemada como combustible. El musgo *Sphagnum* seco y la turba son pulverizados y utilizados como un valioso material aislante, también utilizado para

embalar, gracias a que sus células vacías encierran espacios considerables de aire y siendo además un producto liviano (SCHOFIELD, 1985).

Industrialmente, la turba se utiliza para el tratamiento de aguas residuales, dada su capacidad filtrante y poder absorbente (CRIGNOLA y ORDOÑEZ, 2002).

El musgo *Sphagnum* es también reconocido por sus características antibióticas. A partir de él, se ha extraído un compuesto fenólico llamado Sphagnol el cual ha sido utilizado como agente curativo de enfermedades a la piel (SCHOFIELD, 1985).

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Material

El material utilizado en el presente estudio se detalla a continuación.

3.1.1 Materiales utilizados para la instalación de las parcelas

- Piezómetros, confeccionados con tubos de PVC perforados de 1m de largo y 50 mm de diámetro exterior (Figura 5)
- Tapas para cada tubo de PVC
- Barreno de tarro (50mm de diámetro exterior)
- Alambre eléctrico de 2,5 mm de grosor, cortado en secciones de 1 m de largo
- Alicata
- Cuchillo
- Manguera de plástico transparente (3 m de largo y 2.5 cm diámetro)
- Botella con agua
- Huincha métrica metálica
- Estacas de madera de 1m de largo
- Hacha de mano
- Malla ruschel color verde
- Clavos 2"
- Martillo
- Plumón permanente
- GPS
- Pluviómetros
- Cámara fotográfica
- Libreta de apuntes
- Flagging (cinta para demarcar)
- Tijera

3.1.2 Materiales utilizados para realizar las mediciones en terreno

- Electrodo graduado para medir la profundidad del nivel freático (ver Figura 6)
- Disco plástico (elaborado con un círculo de mica de 4 cm de diámetro, con un trozo de manguera transparente (2 mm diámetro) inserta en el centro)
- Regla metálica (1 m de largo)
- Probetas
- Termómetro de máxima y mínima
- Bolsas plásticas
- Libreta de anotaciones
- Cuadrante de alambre (9 cm²)

3.1.3 Materiales utilizados en laboratorio.

- Balanza analítica
- Placas Petri 10 cm de diámetro
- Placas Petri 6 cm de diámetro
- Lupa binocular
- Bisturí
- Pinzas
- Estufa de secado por convección
- Libreta de anotaciones

3.2 Método

En este estudio se midió el crecimiento, la producción de biomasa y la distancia relativa entre el nivel freático y la superficie del musgo *S. magellanicum*, en microtopografías contrastantes (cojines versus planos de musgo), en tres turberas de la provincia de Llanquihue, X Región, denominadas Huelmo, Quemadas de San Antonio y Quillaípe (Figura 4).

3.2.1 Área y período de estudio. Los tres sitios corresponden a turberas intervenidas, pues en ellas continuamente se está cosechando el musgo *S. magellanicum* para la comercialización. Existen diferencias entre los sitios en relación a la intensidad de cosecha a la cual han sido sometidos; así tenemos que

Huelmo>Quemas>Quillaipe en relación a la intensidad de cosecha. Estos terrenos son propiedad de pequeños agricultores pertenecientes a la Asociación de Productores del Musgo Pompón de la Provincia de Llanquihue. Para individualizar las turberas se nombrarán por el nombre de la localidad a la cual pertenecen. La turbera Quillaipe pertenece a la localidad de Quillaipe, tiene acceso por el km 27 de la carretera Austral; sus coordenadas U.T.M. (m) son E 690.740 y N 5.395.401. Su propietario es el Sr. Héctor Aburto, presidente de la Asociación de Productores del Musgo Pon pon. La turbera Huelmo se ubica en el sector rural de Huelmo; sus coordenadas U.T.M. (m) son E 657.966 y N 5.386.897. Su propietario es el Sr. Román Gallardo. La turbera Quemas se sitúa en el sector Quemas de San Antonio, a 7 km del aeropuerto El Tepual; sus coordenadas U.T.M. (m) son E 660.221 y N 5.405.807. Su propietario es el Sr. Erico Yunque. Las tres turberas se sitúan bajo los 100 m.s.n.m. (Figura 4).



FIGURA 4. Ubicación geográfica de las tres turberas estudiadas.

En los tres sitios el clima es templado húmedo. Esta zona a pesar de tener cierta influencia mediterránea constituye una zona de transición hacia los climas netamente oceánicos. La temperatura media anual es de 11,2° C, la temperatura máxima promedio es de 15,1° C y la temperatura mínima promedio es de 7,7 ° C. Las

precipitaciones bordean los 2.342 mm al año, la humedad relativa promedio es de 85 % (DI CASTRI y HAJEK, 1976).

El estudio se efectuó entre los meses de agosto de 2006 y julio de 2007, con una frecuencia de medición en terreno bimensual.

3.2.1.1 Descripción de los sitios.

Huelmo: En este sitio, desde el año 1990 el agricultor ha cosechado el musgo. Su propietario, Román Gallardo ⁽¹⁾, afirma que el musgo alcanza nuevamente el largo comercial (alrededor de 8,5 cm) 6 meses después de que se ha cosechado. Dicho de otro modo, él ha podido volver a cosechar el musgo 6 meses después de la última cosecha. Lo anterior constituye un hecho inusual dentro de la Asociación de Productores del Musgo Pon pon, donde en promedio se vuelve a cosechar después de 3 años (BARRIENTOS, 2006). Por ello, la frecuencia de cosecha es alta en este sitio y va de los 6 meses – 2 años ⁽¹⁾. El área del humedal es de aproximadamente 2 ha.

Quemas: Según antecedentes brindados por el agricultor, la presencia actual del musgo en este sitio es más o menos reciente (alrededor de 45 años atrás). Él recuerda que a fines de la década del 50, se realizaban continuas quemas en el sector y que anterior a las quemas en este sitio existió un gran Tepual (bosque de Tepú, *Tepualia stipularis*). Después de las sucesivas quemas, comenzó a poblar el área el musgo pompón, al cual también se le prendió fuego por ser considerado de nula utilidad ⁽²⁾. El área total del humedal es de aproximadamente 800 ha y el área que maneja el agricultor son 12 ha.

Quillaibe: En comparación con los otros 2 sitios, en éste es donde se aprecia mayor cobertura y presencia de cojines de *S. magellanicum*. Actualmente la turbera está siendo cosechada; sin embargo donde están ubicadas las parcelas no se ha cosechado hace bastante tiempo, por lo menos 12 años ⁽³⁾. El área del humedal es de aproximadamente 3,5 ha.

⁽¹⁾ GALLARDO, R. (2006). Propietario del humedal Huelmo. Comunicación personal.

⁽²⁾ YUNGUE, E. (2006). Propietario del humedal Quemas de San Antonio. Comunicación personal.

⁽³⁾ ABURTO, H. (2006). Propietario humedal Quillaibe. Comunicación personal.

3.2.2 Establecimiento de las parcelas. En cada humedal se montaron tres parcelas de medición. Las dimensiones de cada parcela fueron de 1 m de ancho y 2 m de largo, abarcando un área de 2 m². Las parcelas fueron excluidas del tránsito y cosecha, para ello se cercaron utilizando estacas de madera de 1m de largo, clavos y malla ruschel. Cada parcela cuenta con una zona de microtopografía alta (cojín) y una zona baja de pomponal (plano). Sobre la parte más alta del cojín se hizo un orificio con barreno y en el se insertó el piezómetro (tubo de PVC perforado). Luego se introdujeron los alambres, cinco en el cojín y cinco en el plano. Los alambres fueron nivelados con respecto al borde superior del piezómetro; de este modo el piezómetro y los alambres quedaron al mismo nivel. La nivelación se realizó mediante una manguera transparente con agua, siguiendo el principio de vasos comunicantes.

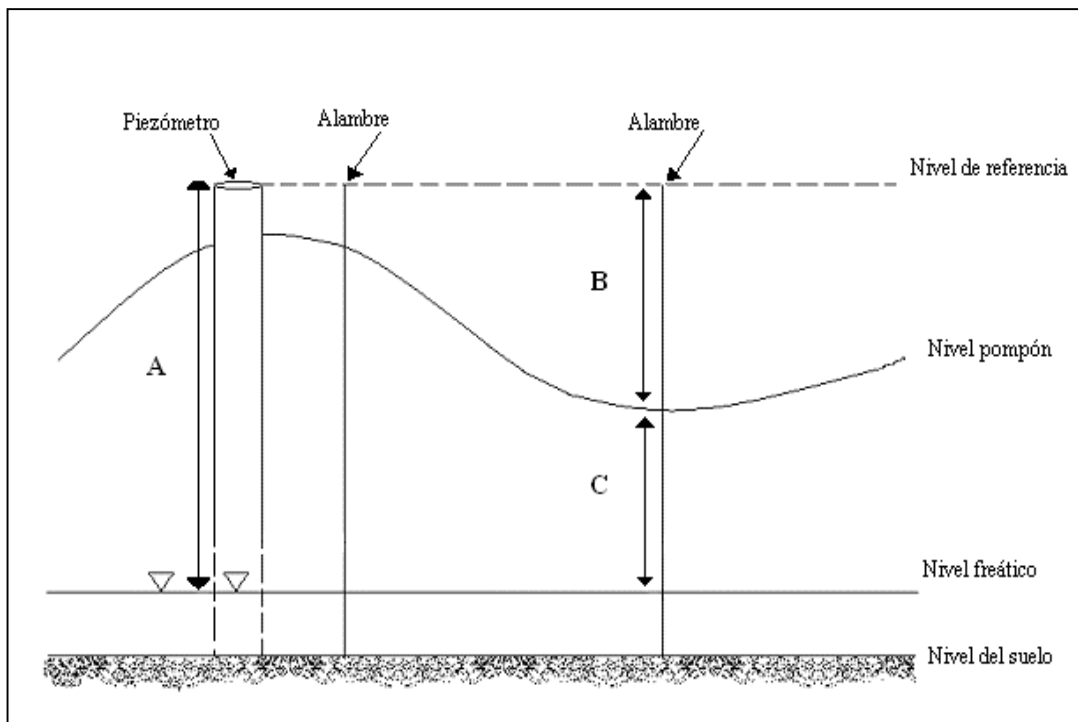


FIGURA 5: Esquema de una parcela (perfil lateral).

En la Figura 5, la línea punteada marca el nivel de referencia, proyectado desde el borde superior del piezómetro pasando por el extremo superior de los alambres. **A** es la profundidad del nivel freático, **B** es el largo del alambre y **C** es la distancia a la cual se encuentra la superficie de los musgos del nivel freático; si

observamos la Figura es posible observar que $A = B+C$. A y B se midieron en forma directa, de este modo C se calculó restando A menos B ($C = A-B$).

3.2.3 Medición del crecimiento y estimación de la productividad. La producción de biomasa en *Sphagnum* fue determinada por tres variables: el incremento en altura, la biomasa por unidad de largo de caulidio y la densidad espacial de los capítulos (GEHRKE, 1998). En el método de los alambres, formulado por CLYMO (1970), el incremento en altura es considerado como crecimiento. En este estudio también se consideró el incremento en altura como crecimiento.

La producción de biomasa y el crecimiento fueron medidos a través del incremento que experimentaron en los 11 meses de estudio. Por lo tanto, se realizaron dos mediciones fundamentales, una inicial y otra final, para conocer el incremento a través de su diferencial.

En relación a las variables utilizadas para el cálculo de productividad, CLYMO (1970) define al capítulo como el centímetro más alto de la planta de *Sphagnum*. El capítulo puede ser considerado como la maquinaria fotosintética que genera un producto constante (caulidios y filidios), por lo tanto si se quiere medir la producción de biomasa, es correcto medir la cantidad de producto y no la cantidad de maquinaria (CLYMO, 1970). Es por esta razón que en los estudios de crecimiento de *Sphagnum* sin manipulación de variables (como el presente estudio), se asume que la biomasa del capítulo no varía en el transcurso del estudio. Por lo anterior, no se midió la biomasa del capítulo, pero sí la biomasa de los caulidios junto con los filidios, que se encuentran bajo el capítulo (ver Figura 5). En los párrafos siguientes se hace mención a los caulidios, este término incluirá a los filidios (hojas) que se encuentren adheridos a él.

En la siguiente ecuación GEHRKE (1998) formula el cálculo de incremento de biomasa:

$$\Delta B = B_{\text{caulidio}} \Delta h$$

(Ec. 3-1)

Donde B_{caulidio} es la biomasa por unidad de largo de caulidio (g M.S. cm^{-1}) y Δh es el incremento en altura promedio anual (cm año^{-1}).

Finalmente, la productividad (ecuación 3-2) es resultado de la multiplicación del incremento de biomasa (ecuación 3-1) por la densidad espacial promedio de los capítulos (número de capítulos m^{-2}) correspondiente a ρ_{cap} . La productividad se expresa en $g\ M.S.\ m^{-2}\ año^{-1}$.

$$\text{Productividad} = \Delta h * B_{caulidio} * \rho_{cap}$$

(Ec. 3-2)

3.2.3.1 Método de los alambres de acero inoxidable. Este método utiliza marcas de referencia puestas entre las plantas. El crecimiento es medido a través de estas marcas como incremento en altura (CLYMO, 1970). Para registrar el incremento en altura se utilizó como referencia un alambre eléctrico (alambre de cobre forrado en plástico) de 1 m de largo, el cual fue enterrado entre los musgos, hasta quedar bien sujeto. Los musgos de *Sphagnum* crecen alrededor del extremo libre del alambre y el crecimiento fue medido desde el extremo libre del alambre hasta la superficie que crea el musgo; así a medida que crece el musgo posibilita la medida de su crecimiento, a través de la diferencia entre la altura inicial y la altura final del alambre (CLYMO, 1970). GUNNARSON (2005) afirma que en la literatura reciente, es el método más comúnmente utilizado para determinar el crecimiento en altura de *Sphagnum*.

El principal error aparece en la estimación de la altura en la cual se encuentra la superficie del musgo. Este error fue reducido usando un disco plástico (de 4 cm de diámetro) el cual lleva inserta en el centro, una manguera plástica transparente. El tubo unido al disco se desliza por el alambre hasta detenerse en la superficie creada por el musgo; de este modo se define donde se encuentra la superficie promedio del musgo. Luego, se procede a medir con una huincha metálica el largo del alambre (CLYMO, 1970).

En relación a la perturbación que podrían generar los alambres sobre el crecimiento de *Sphagnum*, CLYMO (1970) sostiene que no se ha observado disminución del crecimiento alrededor de los alambres en los 4 años que este método ha sido utilizado. Este método ha probado ser útil para mediciones anuales, donde el crecimiento en largo es cercano a los 2 cm (CLYMO, 1970).

3.2.3.2 Estimación de la productividad. La densidad espacial de los capítulos se midió con ayuda de un cuadrante de 9 cm². El cuadrante fue lanzado al azar en 15 zonas de cojín y en 15 zonas de plano, en torno a las parcelas de medición en cada turbera. En esa superficie se contabilizó el número de capítulos presentes. Luego, con los 15 datos de cojín y 15 datos del plano se obtuvo el valor promedio, el cual se expresó en 1 cm². En la ecuación de productividad (Ec. 3-2), la densidad espacial promedio de los capítulos, se expresa como número de capítulos*m⁻²; por ello, el número de capítulo*cm⁻² se extrapoló a número de capítulos*m⁻².

Para el cálculo de la biomasa por unidad de largo de caulidio (g M.S. cm⁻¹) se colectaron 8 muestras de zonas de cojín y 8 de zonas de plano, en cada turbera. Las muestras fueron llevadas a laboratorio para determinar su materia seca. De cada muestra se separaron 20 hebras de *Sphagnum*, las cuales se cortaron 0,5 cm bajo el capítulo y luego 3 cm bajo este corte, con el objetivo de trabajar solo con los 3 cm de caulidio. Los caulidios fueron pesados en una balanza analítica, embolsados y rotulados para ser ingresados a la estufa de secado por convección a 70 °C por 48 h . Una vez secas las muestras, fueron pesadas en una balanza analítica (GUNNARSSON y RYDIN, 2000).

La productividad es una tasa anual, debido a que incluye en su expresión el incremento en altura anual (ver Ec. 3-1),. En este estudio, el período de medición del crecimiento fueron 11 meses, no alcanzando a completar los 12 meses correspondientes a 1 año. Es por ello, que la productividad se estimó con el incremento en altura que experimentó *S. magellanicum* en los 11 meses de estudio. Dicho incremento, se multiplicó por la densidad de los capítulos y por la biomasa de los caulidios, dando por resultado la producción de biomasa acumulada en 11 meses. Este valor se dividió por el número de días totales de medición y el resultado (producción de biomasa * día⁻¹) se multiplicó por 365 días, para así poder expresar los resultados en términos de productividad.

3.2.4 Medición del nivel freático. Paralelamente a las mediciones de crecimiento, se registró la profundidad a la cual se encontraba el nivel freático. Esta medición se realizó con la ayuda de un electrodo. El electrodo fue confeccionado con un tubo de PVC de 1 m de largo y 20 mm de diámetro (ver Figura 6), el cual lleva un circuito

eléctrico en su interior conectado a una ampolleta de linterna y a un timbre; estos se encienden cuando el extremo del tubo alcanza el nivel freático. Para registrar la profundidad del nivel freático el electrodo cuenta con una huincha de medir adherida a uno de los lados del tubo, así se midió directamente sobre el piezómetro. Esta medición se realizó siempre sobre el mismo lugar del piezómetro, para ello se marcó un sitio de su borde. Los piezómetros permanecieron tapados durante todo el tiempo que duró el estudio, excepto cuando se realizaron las mediciones

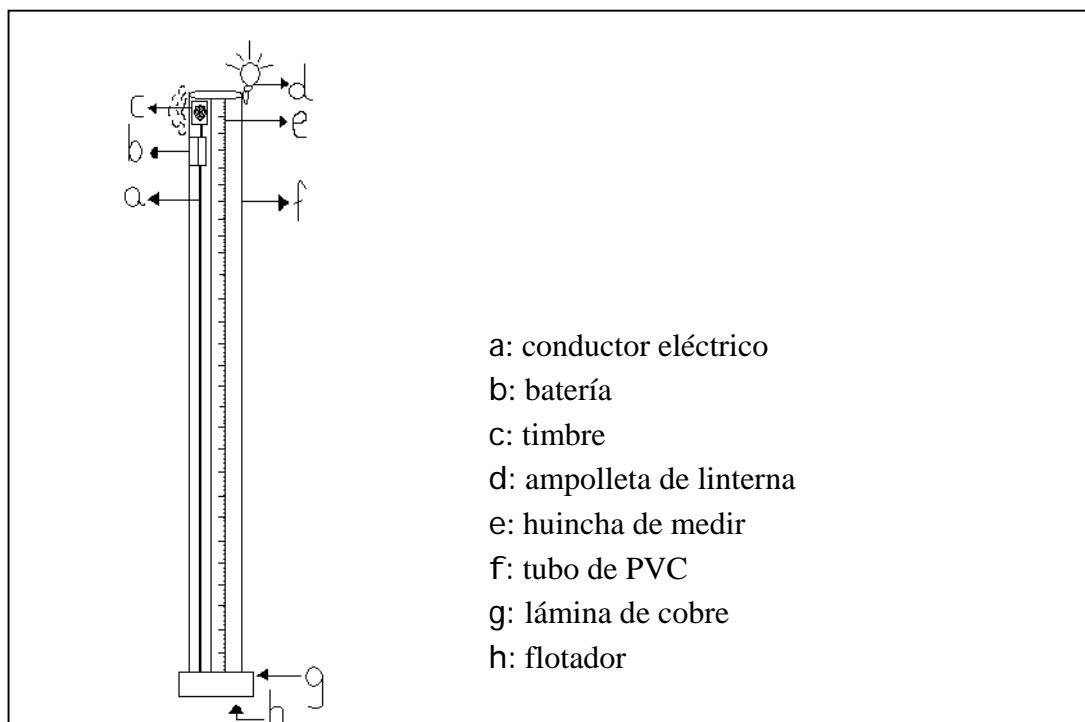


FIGURA 6. Esquema del electrodo para detección de la profundidad del nivel freático.

3.2.5 Análisis de suelo

Como una medición complementaria al estudio se decidió realizar una descripción del subsuelo de estas turberas. En Enero de 2007 se hicieron calicatas en las turberas de Huelmo y Quemasa; en ellas se pudieron distinguir algunos horizontes, de los cuales se tomó registro de la profundidad y del color. Las calicatas rápidamente comenzaron a anegarse, por lo cual fue difícil seguir trabajando en la descripción del perfil. En la turbera de Quillaípe fue imposible realizar una calicata

por la extrema humedad e inestabilidad del terreno; de todas formas, con barreno se hizo un orificio del cual sólo se pudo extraer turba, ya que no se pudo alcanzar el suelo. De los 3 sitios se extrajeron muestras para análisis químico.

3.2.6. Análisis florístico. Con el fin de conocer la vegetación que crece en torno a las parcelas de medición y comparar los sitios según su composición florística, se realizó un análisis florístico de la vegetación circundante a las parcelas de medición. En cada sitio se hicieron transectos de 6 m de largo, que interceptaron el área donde se ubican las parcelas. Sobre cada transecto se fue colocando un cuadrante de 50 × 50 cm, cada 2 metros. En cada cuadrante se contabilizaron las especies vegetales presentes. La identificación se realizó posteriormente en el Herbario de Botánica de la Universidad Austral de Chile, en la Sección de Botánica del Museo Nacional de Historia Natural y para la identificación de los musgos se contó con el apoyo del Sr. Felipe Osorio¹ y María Francisca Díaz².

3.2.7 Método estadístico. Los datos de crecimiento y productividad se analizaron bajo los factores sitio (Huelmo, Quemadas y Quillaípe) y posición microtopográfica (cojín y plano). Los sitios fueron considerados como factor, debido a que las turberas en estudio han sido sometidas a distinta intensidad de cosecha, variable que podría estar incidiendo sobre el crecimiento y la productividad de *S. magellanicum*. Así se tiene que Huelmo > Quemadas > Quillaípe, en cuanto a la intensidad de cosecha.

Se registraron valores de crecimiento negativos, los cuales fueron considerados como ceros, ya que biológicamente el decrecimiento no estaría ocurriendo (ver capítulo 5.1.1). Los datos de crecimiento fueron transformados a logaritmo; con el objetivo de cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianza. Aún así, los crecimientos acumulados entre sitios y por posición microtopográfica no cumplieron la homogeneidad de varianza, por lo cual se hizo un análisis de varianza no paramétrico, con prueba de Kruskal Wallis (SOKAL y ROHLF, 1995). Para la productividad se hizo un análisis de grupo no paramétrico, con prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney (STEEL y TORRIE, 1988). Con las tasas de crecimiento de *S. magellanicum* se llevó a cabo un análisis de varianza de medidas

¹ Felipe Osorio: Licenciado en Ciencias Biológicas, Universidad Austral de Chile

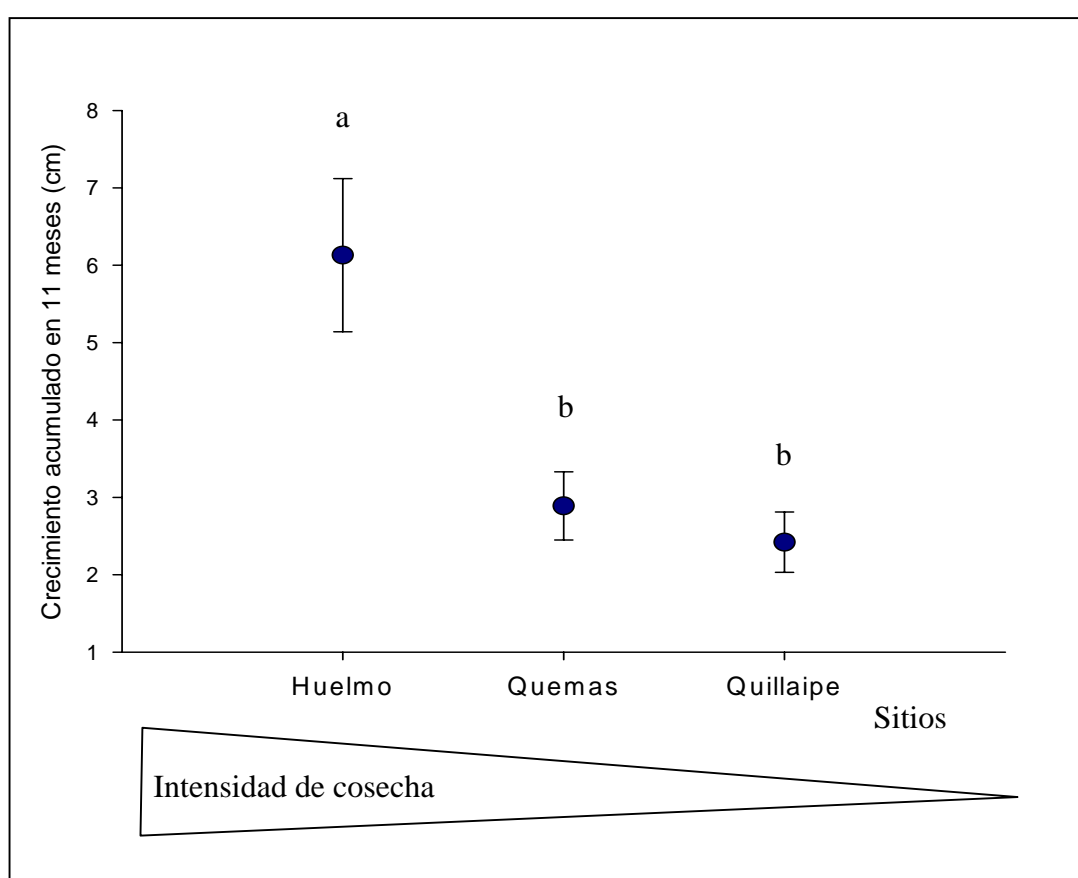
² María Francisca Díaz: Dra. en Ecología, Fundación Senda Darwin.

repetidas y luego una prueba a posteriori de Tukey con un 5% de significancia. Los análisis de crecimiento y productividad se procesaron con el programa Statistica versión 6.0. Con los crecimientos acumulados de cada muestra y los niveles freáticos promedio anuales correspondientes, se realizó una regresión múltiple, para analizar el efecto del nivel freático y de la posición microtopográfica sobre el crecimiento. Para la regresión múltiple se utilizó el software estadístico R. En el análisis florístico se calculó el índice de Shannon (H'), para comparar los sitios según su diversidad florística; para ello se utilizó el programa Primer 6, versión 6.1.6.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Crecimiento acumulado de *S. magellanicum*.

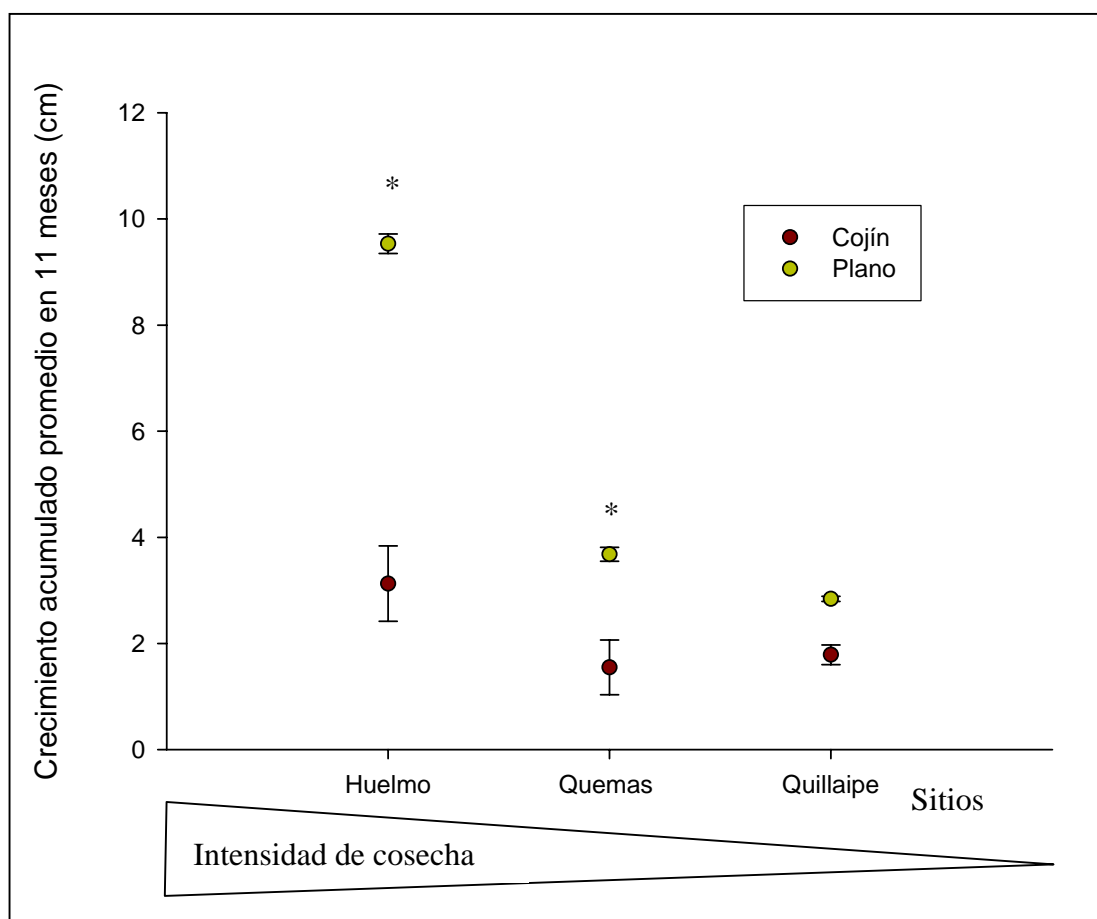
Al analizar el crecimiento acumulado de *S. magellanicum*, se encontró que en el sitio de Huelmo el crecimiento fue significativamente mayor en relación a los otros 2 sitios; a su vez Huelmo fue el sitio que presentó mayor intensidad de cosecha (Figura 7).



*Las letras distintas indican diferencias significativas. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Sitio: $H=12,62$, 2 g.l., $p=0,002$. Tukey ($\alpha=0,05$): Huelmo $p<0,05$.

FIGURA 7. Crecimiento de *S. magellanicum* entre sitios de estudio (valores promedio \pm 1 error estándar).

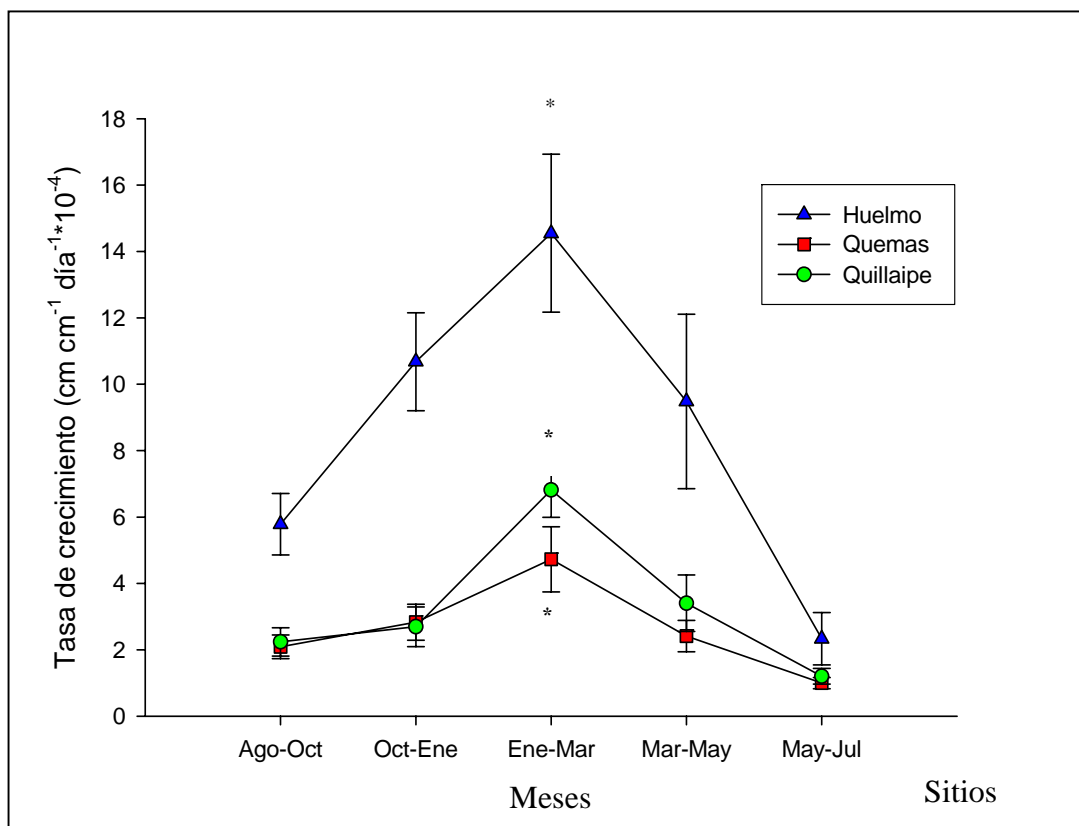
4.1.1 Crecimiento de *S. magellanicum* según microtopografía. Al comparar el crecimiento acumulado de *S. magellanicum*, según la microtopografía de los musgos, se apreciaron diferencias significativas entre el crecimiento de los cojines y el de los planos ($H=24,01161$, 1 g.l.; $p<0,0001$, Prueba de Kruskal Wallis). Al analizar los sitios por separado, se obtuvieron diferencias significativas en el crecimiento acumulado según posición microtopográfica en los sitios de Huelmo y Quemas, siendo superior el crecimiento en las zonas planas (más cercanas al nivel freático), no así en Quillaipe, donde no se encontraron diferencias en el crecimiento entre cojines y planos (Figura 8).



*Los asteriscos indican diferencias significativas entre microtopografía. Andeva no paramétrico, prueba de Kruskal Wallis para cada sitio. Huelmo $H=13,49$, 1 g.l., $p<0,001$. Quemas $H=10,23$, 1 g.l., $p=0,001$. Quillaipe $H=3,12$, 1 g.l., $p=0,08$

FIGURA 8. Crecimiento de *S. magellanicum*, según posición microtopográfica (valores promedio \pm 1 error estándar).

4.1.2 Tasa de crecimiento de *S. magellanicum*. En todos los sitios la mayor tasa de crecimiento ocurrió durante el verano, entre los meses de Enero-Marzo (Figura 9). No hubo diferencias entre las tasas de crecimiento según posición microtopográfica, ni tampoco interacción entre los factores meses y posición microtopográfica.



*Los asteriscos indican diferencias significativas entre los meses. Andeva de medidas repetidas para cada sitio por separado.

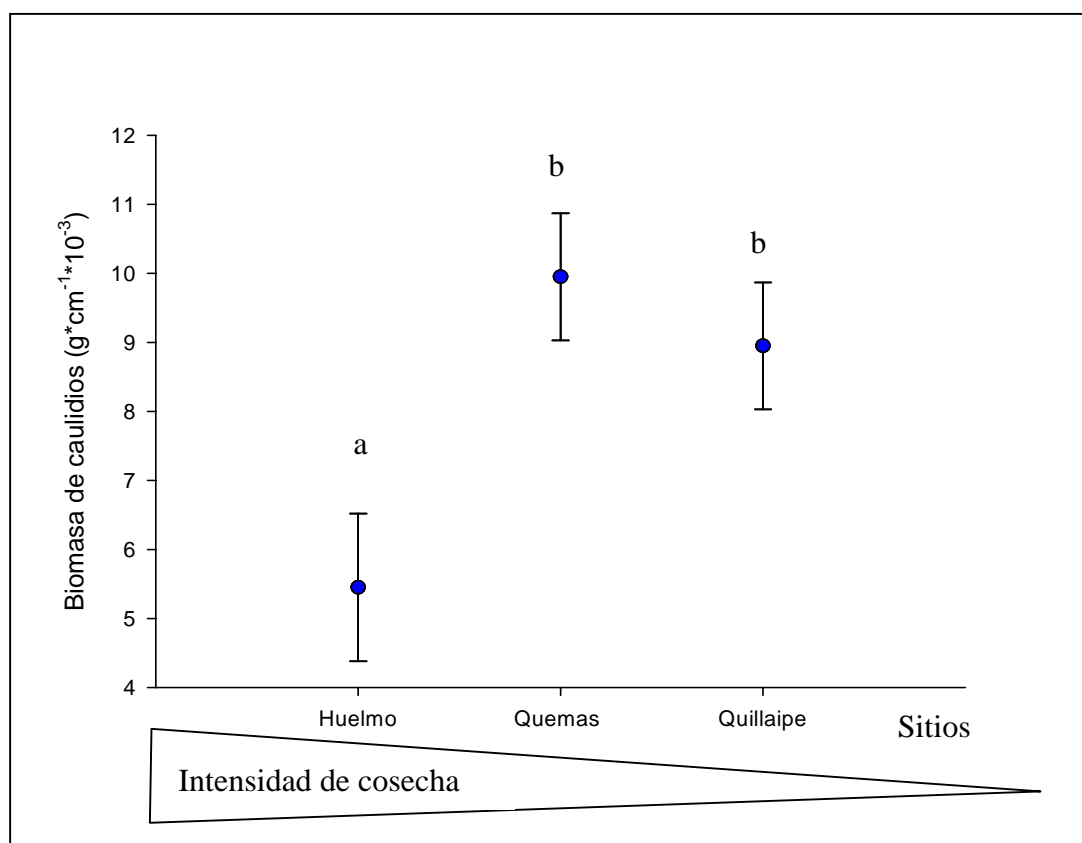
Huelmo: Meses $F_{(4,112)}=8,04$; $p<0,0001$. Quemas: Meses $F_{(4,112)}=7,67$; $p<0,001$. Quillaípe: Meses $F_{(4,112)}=12,32$; $p<0,0001$.

FIGURA 9. Tasa de crecimiento de *S. magellanicum* durante los meses de estudio (valores promedio \pm 1 error estándar).

4.2 Productividad de *S. magellanicum*

A continuación se presentan los resultados de las componentes de la productividad.

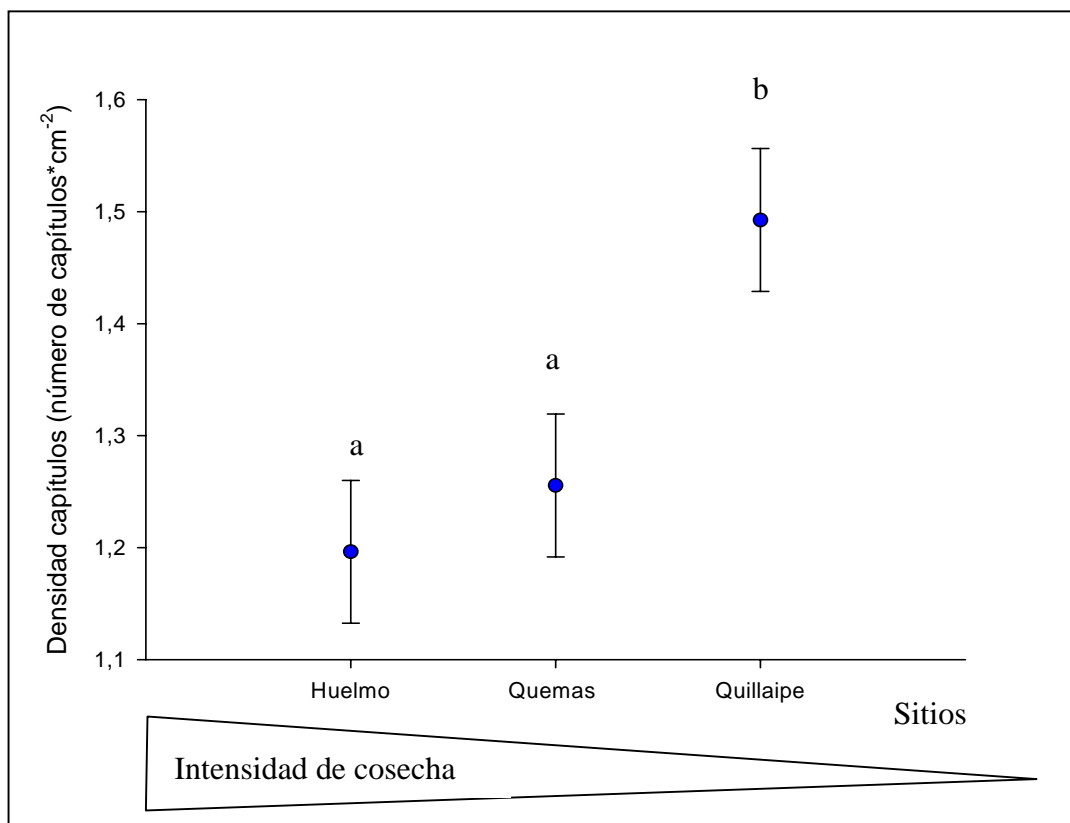
4.2.1 Biomasa de los caulidios. Al analizar la biomasa de los caulidios (ver capítulo 3.2.3), se encontraron diferencias significativas entre los sitios. La diferencia estuvo dada por el sitio de Huelmo, el cual registró la menor biomasa de los caulidios; este sitio, a su vez, presenta la mayor intensidad de cosecha (Ver Figura 10). La biomasa de los caulidios ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$) fue significativamente mayor en los musgos de cojín (Andeva dos vías. Posición: $F(1,38)=7,71$, $p=0,008$. Tukey ($\alpha=0,05$): cojín $p=0,006$); no se encontró una interacción entre los factores sitio y posición.



* Las letras distintas indican diferencias significativas entre los sitios. Andeva dos vías. Sitio: $F_{(2,38)}=5,41$; $P=0,008$. Tukey ($\alpha=0,05$): Huelmo $p<0,05$.

FIGURA 10: Biomasa de los caulidios entre los sitios de estudio (valores promedio \pm 1 error estándar).

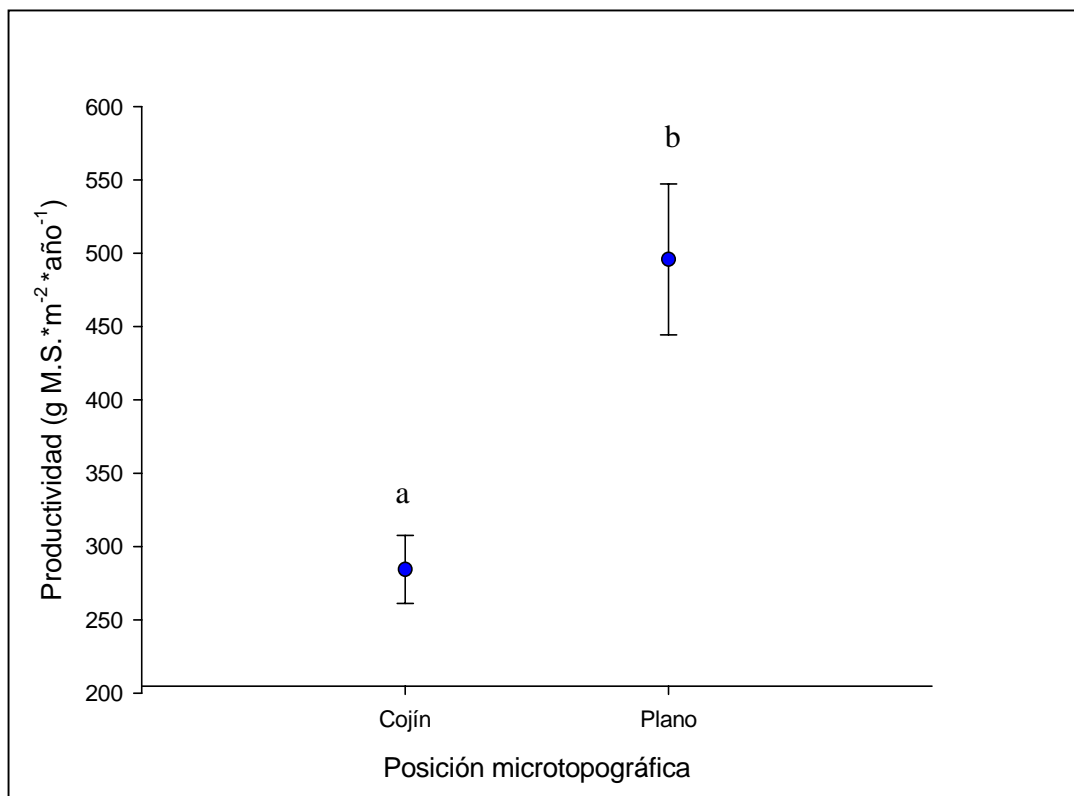
4.2.2 Densidad de capítulos. Al analizar este componente de la productividad, se encontraron diferencias significativas entre la densidad de los capítulos (ver capítulo 3.2.3) entre los sitios de estudio. El sitio de Quillaipe exhibió una mayor densidad de capítulos, en comparación con los otros dos sitios. Quillaipe, a su vez, es el sitio que presenta una historia de cosecha menos intensiva (Figura 11)



* Las letras distintas indican diferencias significativas entre los sitios. Andeva dos vías. Sitio: $F_{(2,84)}=6,04$; $p=0,003$. Tukey ($\alpha=0,05$): Quillaipe $p<0,05$.

FIGURA 11: Densidad de capítulos entre los sitios de estudio (valores promedio ± 1 error estándar).

4.2.3 Productividad. En cuanto a la productividad de *S. magellanicum*, no se encontraron diferencias significativas entre los sitios de estudio. La productividad, fue significativamente mayor en las zonas de planos (promedio= $495 \pm 51,40$ error estándar) que en las zonas de cojín (promedio= $284 \pm 23,15$ error estándar) (Figura 12).



*Las letras distintas indican diferencias significativas en la productividad entre zonas de cojín y plano (posición). Análisis de mediana no paramétrico, prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. Posición: $p=0,002$

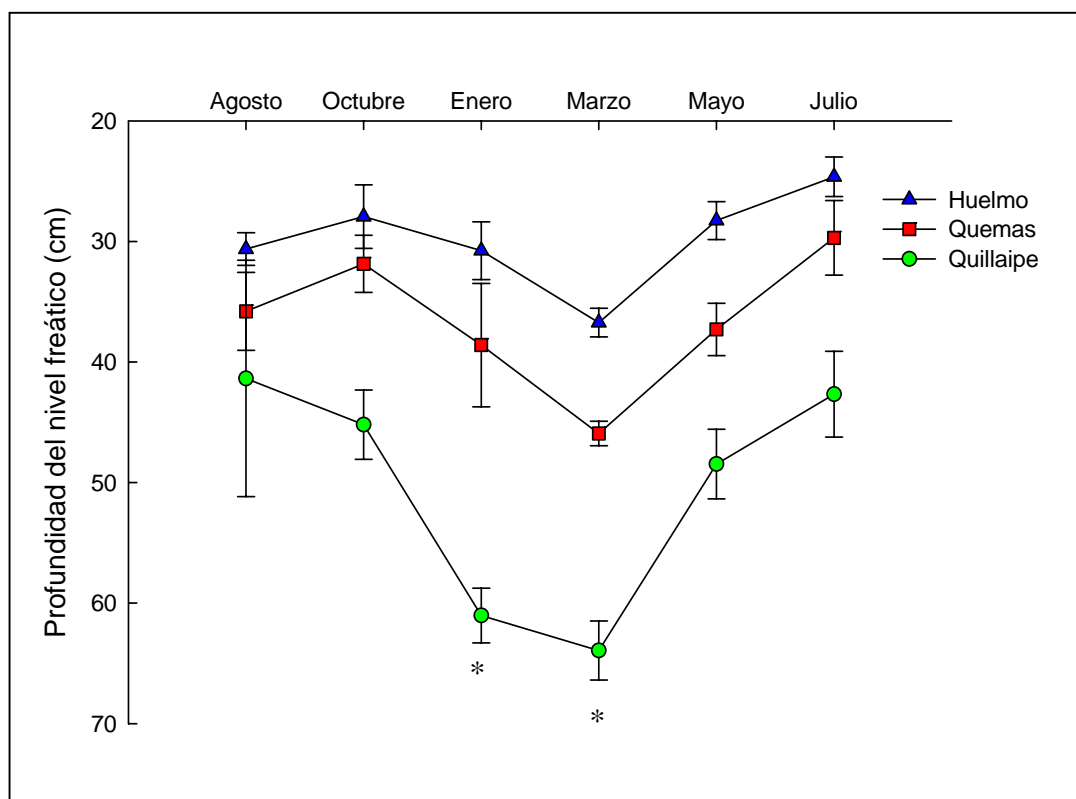
FIGURA 12. Productividad de *S. magellanicum* según posición microtopográfica (valores promedio \pm 1 error estándar).

4.3 Nivel freático.

La profundidad del nivel freático expresada en la Figura 13, es relativa a los musgos del cojín, que bordean el piezómetro y dado a que el piezómetro estaba inserto en la zona más alta del cojín, los valores expresados en el gráficos representan las mayores distancias al nivel freático a la cual están los musgos del cojín. Los datos de profundidad del nivel freático de Enero y Marzo en los sitios de Quemas y Quillaie están subestimados, ya que por un error del método de medición, no se pudo encontrar el nivel freático en los piezómetros durante el período estival, desconociéndose la profundidad real de dichas mediciones.

La profundidad del nivel freático varió significativamente en relación a los meses del año. Los niveles más profundos se registraron durante los meses de Enero y Marzo (Andeva de medidas repetidas. Meses: $F(5,30)=25,89$, $p<0,0001$. Tukey ($\alpha=0,05$), Enero $p<0,05$, Marzo $p<0,05$). Sin embargo, fueron los registros de Enero

y Marzo del sitio de Quillaipe, los que presentaron diferencias significativas en sus los niveles freáticos con respecto a los niveles freáticos de Huelmo y Quemas (Figura 13).



*Los asteriscos indican diferencias significativas en los niveles freáticos entre los meses del año. Andeva de medidas repetidas. Meses*Sitio: $F_{(10,30)}=3,4069$, $p<0,00445$. Tukey ($\alpha=0,05$), Quillaipe $p<0,05$)

FIGURA 13: Profundidad del nivel freático entre los meses del año.

Al analizar el nivel freático por sitio, resultó ser significativamente más profundo en Quillaipe, en comparación con los niveles freáticos de Quemas y Huelmo (Andeva de medidas repetidas. Sitio: $F_{(2,6)}=13,289$. $P<0,01$. Tukey ($\alpha=0,05$), Quillaipe $p<0,05$).

Como se aprecia en el Cuadro 1, los musgos de cojín se situaron en promedio entre los 31 y 49 cm sobre el nivel freático, mientras que los musgos de plano se situaron en promedio entre los 13 y 30 cm sobre el nivel freático. El sitio de Quillaipe, se distingue por exhibir la mayor distancia entre los musgos y el nivel

freático. En Huelmo, los musgos del plano se encontraron cercanos al nivel freático (promedio=13 cm).

CUADRO 1: Distancia entre los musgos y el nivel freático.

Distancia promedio al nivel freático según posición ± desviación estándar (cm)		
Sitios	Cojín	Plano
Huelmo	31,09 ± 10,68	13,59 ± 6,96
Quemas	36,63 ± 6,94	23,43 ± 10,28
Quillaipe	49,38 ± 12,41	30,19 ± 13,44

4.4 Relación entre el nivel freático y el crecimiento de *S. magellanicum*.

En la Figura 14 se presentan los datos de crecimiento y sus respectivos niveles freáticos. Se puede apreciar una correlación negativa entre el crecimiento de *S. magellanicum* y nivel freático relativo a los musgos. Además, el nivel freático tuvo una influencia significativa sobre el crecimiento del musgo (Regresión múltiple, $y = -0,0244x + 4,2517$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,56$). La relación entre el nivel freático y el crecimiento del musgo varió según la posición microtopográfica que ocuparon los musgos (cojín o plano). Se encontró una relación positiva entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático cuando los musgos estuvieron a pocos centímetros del nivel freático (situación de plano), no encontrando relación cuando el nivel freático está más profundo (situación de cojín). Esta situación se apreció en las turberas de Huelmo y Quemas (Figura 15).

Mediante una regresión múltiple se analizó la relación entre los factores nivel freático y posición microtopográfica con el crecimiento de *S. magellanicum*. En Huelmo, se comprobó que el crecimiento de *S. magellanicum* estuvo fuertemente influenciado por el nivel freático y por la posición microtopográfica (Andeva de dos vías. Nivel freático: $F_{(1,23)} = 11,97$; $p < 0,01$. Posición: $F_{(1,23)} = 0,03$; $p < 0,05$). En el sitio de Quemas también se observó influencia del nivel freático sobre el crecimiento de *S. magellanicum*; además, se encontró que el nivel freático y la posición microtopográfica influían en forma conjunta sobre el crecimiento. La posición

microtopográfica, por sí sola, no influyó en el crecimiento de *S. magellanicum*, en este sitio. (Andeva de dos vías. Nivel freático: $F_{(1,24)}=11,06$; $p<0,01$. Nivel freático*Posición: $F_{(1,24)}=4,71$; $p=0,04$). El sitio de Quillaipe tuvo un comportamiento distinto, en él no se encontró una relación significativa entre el crecimiento de *S. magellanicum* y el nivel freático, como tampoco se encontró relación con la posición microtopográfica en que se sitúan los musgos.

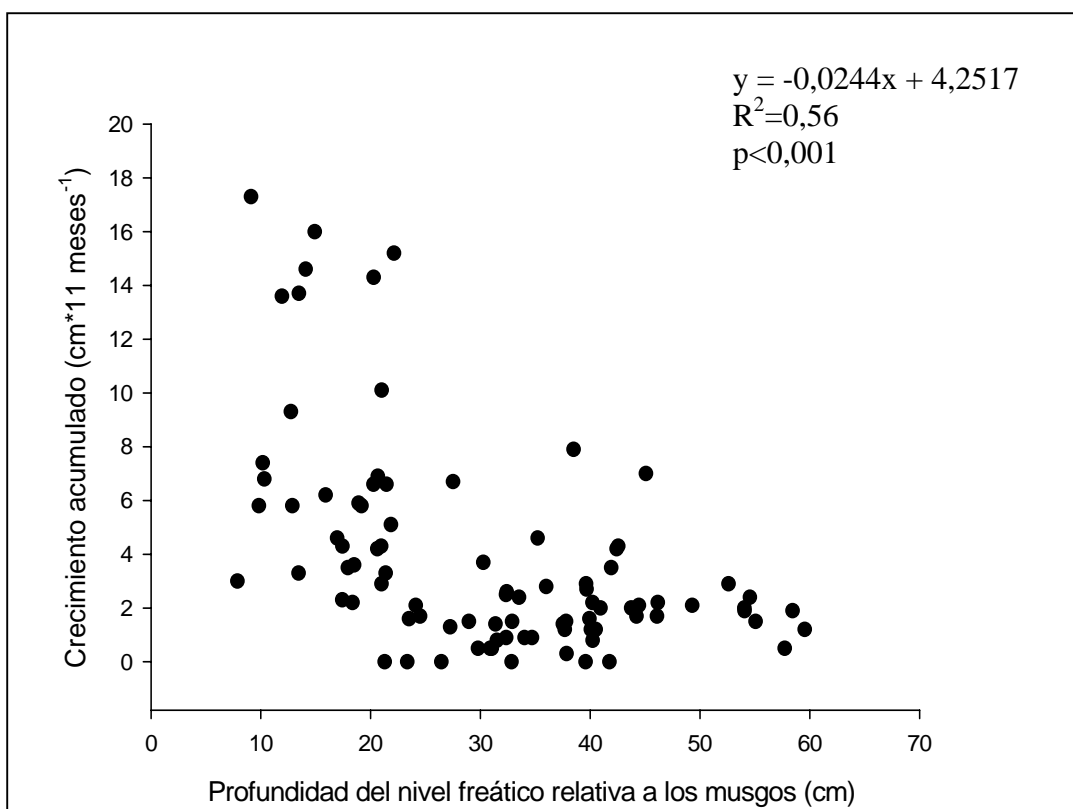


FIGURA 14: Crecimiento de *S. magellanicum* en relación a la profundidad del nivel freático relativo a los musgos.

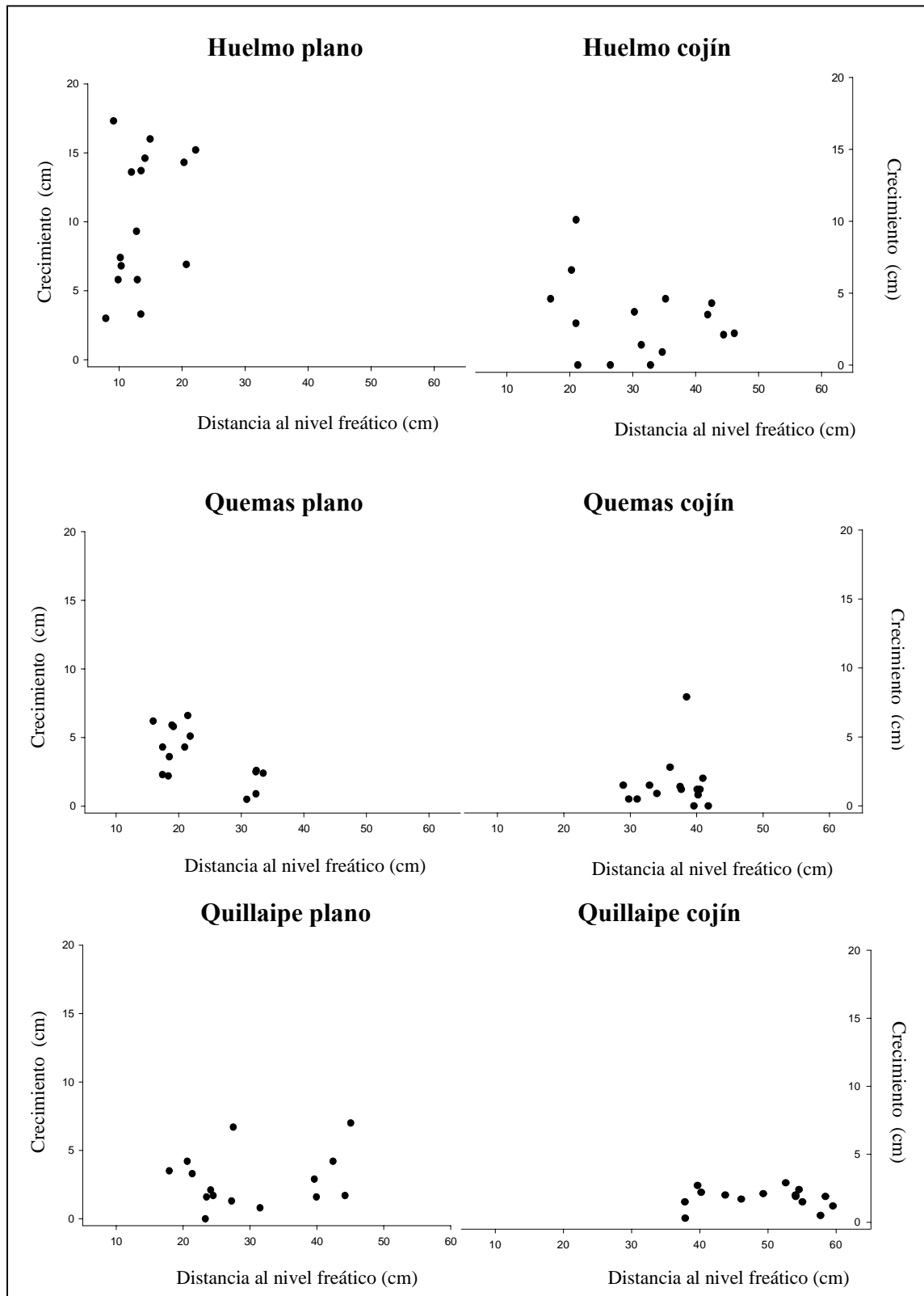


FIGURA 15: Relación entre el crecimiento de *S. magellanicum* y el nivel freático, según posición microtopográfica de los musgos.

4.5 Vegetación.

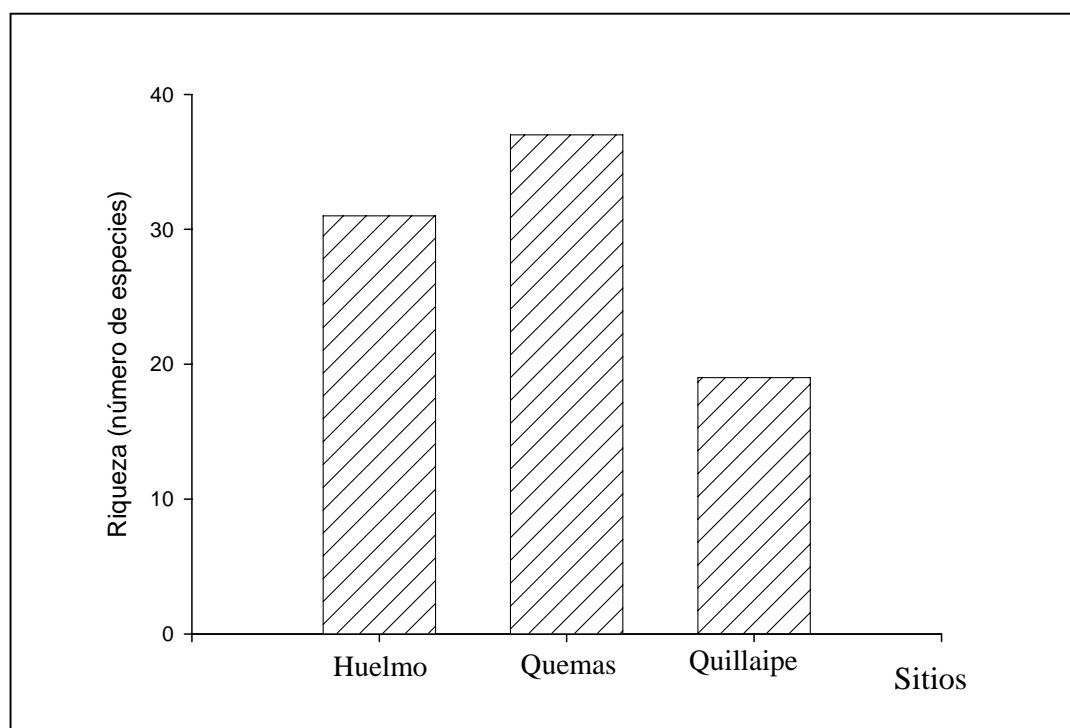
En relación a la frecuencia a la cual aparecieron las especies dentro de los cuadrantes analizados, se pudieron observar diferencias en cuanto a la frecuencia con que se presentó el musgo *S. magellanicum* en los sitios de estudio. En el Cuadro 2 se observa que *S. magellanicum* estuvo presente en todos los cuadrantes del sitio de Quillaipe (frecuencia=1,0); la frecuencia de aparición bajó en el sitio de Quemadas (frecuencia=0,9) y fue menor aún en Huelmo (frecuencia=0,81). En el sitio de Huelmo se aprecia mayor presencia de especies pratenses como *Aira caryophyllea*, *Agrostis capillaris*, *Lotus uliginosus* y *Trifolium dubium*; sin embargo, todas ellas registraron una baja frecuencia de aparición.

CUADRO 2: Frecuencia relativa de especies vegetales por sitio.

	Huelmo	Quemadas	Quillaipe
<i>Agrostis capillaris</i>	0,03	0	0
<i>Aira caryophyllea</i>	0,06	0	0
<i>Amomyrthus luma</i>	0,06	0	0,42
<i>Baccharis patagonica</i>	0	0,10	0,03
<i>Baccharis sagittalis</i>	0	0,03	0
<i>Blechnum chilense</i>	0,09	0,35	0,31
<i>Blechnum penna-marina</i>	0,69	0,61	0,42
<i>Blepharocalyx cruckshanksii</i>	0	0,03	0
<i>Breutelia subplicata</i>	0	0,03	0
<i>Capsidium valdivianum</i>	0	0,03	0
<i>Carex magellanica</i>	0,44	0,23	0
<i>Centella asiatica</i>	0,06	0,16	0
<i>Dicranoloma chilense</i>	0,03	0,03	0
<i>Empetrum rubrum</i>	0	0,26	0
<i>Epilobium puberulum</i>	0,09	0	0
<i>Eucryphia cordifolia</i>	0	0	0,03
<i>Gaultheria antarctica</i>	0	0,10	0,28
<i>Gaultheria insana</i>	0	0	0,06
<i>Gaultheria pumila</i>	0	0,16	0
<i>Gleichenia cryptocarpa</i>	0	0,23	0,44
Hepáticas	0,25	0,23	0,53
<i>Holcus lanatus</i>	0,03	0	0
Hongos	0	0,03	0
<i>Hydrocotyle poeppigii</i>	0,16	0	0
<i>Juncus bulbosus</i>	0	0,03	0
<i>Juncus planifolius</i>	0	0,06	0
<i>Juncus procerus</i>	0,91	0,26	0,58
<i>Juncus stipulatus</i>	0,66	0,06	0
<i>Leptocarpus chilensis</i>	0	0,06	0
<i>Lotus uliginosus</i>	0,22	0	0

Continuación Cuadro 2.

<i>Myrteola nummularia</i>	0,44	0,55	0,50
<i>Nertera granadensis</i>	0,22	0,10	0,14
<i>Nothofagus dombeyi</i>	0,03	0	0
<i>Pernettya mucronata</i>	0,19	0,81	0,69
<i>Philesia magellanica</i>	0	0,03	0
<i>Podocarpus nubigena</i>	0,03	0	0
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0,03	0	0
<i>Prunella vulgaris</i>	0,00	0,03	0
<i>Ptychomnion cygnisetum</i>	0,03	0	0
<i>Ramalia sp.</i>	0,03	0,06	0,03
<i>Rubus geoides</i>	0,19	0	0,14
<i>Scirpus inundatus</i>	0,44	0,19	0
<i>Sphagnum sp.</i>	0,41	0,03	0
<i>Sphagnum falcatulum</i>	0	0,06	0
<i>Sphagnum fimbriatum</i>	0,03	0,03	0
<i>Sphagnum magellanicum</i>	0,81	0,90	1,00
<i>Tepualia stipularis</i>	0	0,10	0,03
<i>Trifolium dubium</i>	0,03	0,03	0
<i>Ugni molinae</i>	0	0	0,11
<i>Usnea sp.</i>	0,16	0,06	0,11

**FIGURA 16: Riqueza de especies vegetales entre los sitios de estudio.**

En la Figura 16 se puede apreciar que el sitio de Quemas es el que presentó mayor diversidad de especies ($H' = 3,61$ y un número total de especies = 37). Por el

contrario, en Quillaipe se registró la menor diversidad de especies ($H' = 2,94$ y un número total de especies=19). En Huelmo, los índices de diversidad fueron más cercanos a los de Quemadas ($H' = 3,43$ y un número total de especies=30).

4.6 Análisis de suelo. Se realizaron análisis físicos de los suelos de las turberas.

4.6.1 Descripción del perfil de suelo.

A fines del mes de Enero se hicieron calicatas en los sitios, para conocer la estratificación de estos suelos y realizar análisis físico químico de estos. Cabe señalar que la labor de profundizar las calicatas se vio limitada, por el progresivo anegamiento de las excavaciones y por no contar con el equipamiento adecuado, no pudiéndose conocer la profundidad real de estos suelos. A continuación, se describe la calicata de cada sitio.

Huelmo: La profundidad total que se alcanzó fueron 46 cm. El horizonte orgánico tuvo un espesor de 29 cm. El horizonte A comenzó a los 29 cm de profundidad hasta terminar en los 39 cm, teniendo un espesor de 10 cm. A los 39 cm aparece otro horizonte, el horizonte B, el cual se extiende hasta una profundidad desconocida (ver Cuadro 3)

CUADRO 3: Características del suelo en Huelmo

Horizontes	Profundidad	Clave	Color	Textura	% Materia Orgánica
O	29	10 YR 2/2	Pardo muy oscuro	Franco – limoso	68,6
A	10	10 YR 4/3	Pardo – pardo oscuro	Franco – arenoso	21,2
B	Desconocida	5 YR 2,5/2	Pardo rojizo oscuro	Franco – arcilloso	45,7

* Color por tabla Munsell. Textura: según Ley de Stokes y triángulo de textura del sistema USDA (SOQUIMICH, 2001). Porcentaje de materia orgánica determinado indirectamente por incineración.

Quemadas: Se hizo una calicata de una profundidad de 73 cm. A partir de esta profundidad se introdujo un barreno, sacando una muestra de 30 cm. La muestra del barreno no presentó diferencias en relación al perfil de suelo. El color y la textura fueron bastante similares a través del perfil (ver Cuadro 4). El color del suelo fue

negro, con alta presencia de materia orgánica; se encontraron bastantes raíces de Tepú (*Tepualia stipularis*), lo cual es evidencia del antiguo bosque de Tepú que poblaba el lugar ⁽¹⁾. El horizonte orgánico tuvo 25 cm de grosor. En otro sector de la turbera, en el horizonte orgánico se encontraron restos de carbón.

CUADRO 4 Características del suelo en Quemias

Horizontes	Profundidad	Clave	Color	Textura	% Materia Orgánica
O	25	5 YR 2,5/1	Negro	Franco-arenoso	90,5
A	Desconocido	5 YR 2,5/1	Negro	Franco – arcillo-limoso	60,9

* Color por tabla Munsell. Textura: según Ley de Stokes y triángulo de textura del sistema USDA (SOQUIMICH, 2001). Porcentaje de Materia Orgánica determinado indirectamente por incineración.

Quillaipe: En este sitio no se pudo hacer la calicata, debido a que había una gran acumulación de musgo y por consiguiente mucha humedad, que imposibilitó mantener sus paredes. Con la ayuda de un barreno se sacaron muestras de sustrato, encontrándose hebras de musgo hasta los 55 cm; más en profundidad (hasta los 70 cm) se encontró musgo desintegrado y más oscuro, mezclado con raicillas de otras especies. La muestra que se extrajo para ser analizada en laboratorio estuvo compuesta principalmente por turba (*Sphagnum* semidescompuesto) y una pequeña parte de suelo mineral.

CUADRO 5. Características del suelo en Quillaipe.

Horizontes	Profundidad	Clave	Color	Textura	% Materia Orgánica
O	Desconocida	10 YR 2/1	Negro	Arcilloso	92,6

* Color por tabla Munsell. Textura: según Ley de Stokes y triángulo de textura del sistema USDA (SOQUIMICH, 2001). Porcentaje de Materia Orgánica determinado indirectamente por incineración.

⁽¹⁾ Erico Yungue, 2006, propietario del humedal Quemias de San Antonio. Comunicación Personal.

4.6.2 Análisis de musgos de *S. magellanicum*. En el Cuadro 6 se presentan los resultados de los análisis químicos realizados a muestras de *Sphagnum* .

CUADRO 6. Relación C/N de *S. magellanicum*.

	% C	% N	% Materia Orgánica	C/N
<i>S. magellanicum</i>	56,4	0,56	97,85	101

Porcentaje de Materia Orgánica determinado indirectamente por incineración. %N por método de Kjeldhal.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Crecimiento de *S. magellanicum*.

En el presente estudio, donde las condiciones microambientales no fueron manipuladas, el crecimiento promedio de *S. magellanicum* fue bastante variable, fluctuando entre los valores 1,72 a 9,53 cm*11 meses⁻¹. Estos resultados concuerdan con SCHOFIELD (1985), quien sostiene que la tasa de crecimiento de especies del género *Sphagnum* varía ampliamente. BUXTON *et al.* (1996) confirman lo anterior y comentan que este comportamiento es lógico de esperar dado que existen diferencias microambientales en las turberas, tales como el grado de sombreado, el refugio y la posición del nivel freático, las cuales forman un ambiente heterogéneo. Debido a que estos factores influyen sobre el crecimiento de *Sphagnum*, es de esperar que la tasa de crecimiento de los musgos también varíe ampliamente.

El crecimiento promedio de *S. magellanicum*, estimado para un año fue de 4,43 cm. Como se aprecia en el Cuadro 7, al comparar éste registro con otros estudios, la tasa de crecimiento del presente estudio es relativamente alta.

CUADRO 7: Crecimiento de *S. magellanicum*

Referencia	Crecimiento (cm*año ⁻¹)	Ubicación geográfica
El presente estudio	4,3	Puerto Montt, Chile
GERDOL (1995)	3-4	Norte de Italia
AERTS, <i>et al.</i> (1992)	0,095	Sur de Suiza
PEDERSEN (1975)	0,1	Sur de Noruega
DAMMAN (1978)	0,08	Sur de Suiza
WALLÉN <i>et al.</i> (1988)	0,14-0,22	Sur de Suiza

5.1.1 Crecimiento y productividad de *S. magellanicum* y su relación con el nivel freático. En un estudio sobre la productividad del género *Sphagnum*, GUNNARSSON (2005) pudo concluir que los planos y depresiones exhiben mayor productividad que los cojines. Los valores promedio de dicho estudio fueron 200 g M.S. m⁻² año⁻¹ en los cojines y 350 g M.S. m⁻² año⁻¹ para los planos y depresiones. GROSVERNIER *et al.* (1997) y GUNNARSSON (2005) concuerdan con que el mayor factor explicativo de las diferencias de productividad entre las especies de *Sphagnum*, es el factor especie, siguiendo a este en importancia, la posición microtopográfica en que se sitúan los musgos. En el presente estudio, la productividad fue mayor en las zonas planas (promedio 496 g M.S. m⁻²) que en los cojines (promedio 284 g M.S. m⁻²). Dado a que el estudio fue de sólo una especie (*S. magellanicum*) las diferencias estarían más bien relacionadas a cambios en las condiciones microambientales asociadas a la posición microtopográfica y no a tasas de producción propias de cada especie (WELTZIN *et al.*, 2001)

El crecimiento y la productividad de *S. magellanicum* fueron mayores en las zonas de microtopografía plana (con la excepción de Quillaipe, donde no se registraron diferencias según posición microtopográfica para el crecimiento). Este hallazgo, confirma la hipótesis de este trabajo la que sostiene que existe una relación negativa entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la distancia al nivel freático de los musgos, en otras palabras, a mayor distancia al nivel freático menor crecimiento de *S. magellanicum*.

En Quillaipe no se aprecia relación aparente entre el nivel freático y el crecimiento (Figura 15). Además en este sitio, no se encontraron diferencias en el crecimiento según posición microtopográfica. Estos resultados se podrían explicar porque en Quillaipe se encontró una mayor acumulación de musgos, la cual contribuye a aumentar la distancia de los musgos al nivel freático y dado que el nivel freático pierde influencia sobre el crecimiento de *Sphagnum* a medida que se encuentra más profundo (HAYWARD y CLYMO, 1983), es probable que a la distancia que se encontraba el nivel freático de los musgos en Quillaipe no este determinando la tasa de crecimiento de *Sphagnum*. Estos resultados coinciden con un experimento de manipulación del nivel freático efectuado por GROSVERNIER, *et al.* (1997), quienes concluyeron que el crecimiento de *S. magellanicum* (en términos

de incremento de biomasa) no fue afectado por la profundidad del nivel freático, cuando éste permaneció a 40 cm. de profundidad. WELTZIN *et al.* (2001), afirma que el nivel freático influye sobre el crecimiento de *S. magellanicum*, favoreciéndolo cuando éste se encuentra en un rango de 20-25 cm bajo la superficie del musgo. Sin embargo, si éste se encuentra más profundo, no ejerce ninguna influencia sobre el crecimiento.

Existe un aspecto clave de la ecología de *S. magellanicum*, que lo incorpora dentro de la sección *Sphagnum* y que describe CLYMO (1982): “los musgos pertenecientes a esta sección se caracterizan por crecer formando alfombras, con tendencia a formar cojines y a situarse a una altura intermedia del nivel freático (ni muy saturado de agua, ni muy seco)”. Esta característica de la especie *S. magellanicum* podría explicar la relación positiva entre el crecimiento y la profundidad del nivel freático, encontrada para las zonas de microtopografía plana en los sitios de Huelmo y Quemadas (Figura 16). En los planos, a medida que los musgos se alejan del nivel freático presentan un mayor crecimiento, por lo cual se postula que los musgos de zonas planas de estos sitios se encontrarían en un ambiente de transición con respecto a los requerimientos hídricos de la especie, creciendo a una mayor tasa a medida que se alejan del estado de saturación de agua. Una vez que los musgos superan dicha etapa de transición, la tasa de crecimiento iría disminuyendo a medida que aumenta la distancia de los musgos al nivel freático, formando así una tendencia negativa general.

CLYMO y HAYWARD (1982); HAYWARD y CLYMO (1983) y WELTZIN *et al.* (2001) sostienen que las mayores tasas de productividad en zonas de microtopografía plana rellenarían las depresiones microtopográficas, lo cual traería como consecuencia mayor nivelación de la superficie de briófitas en el tiempo.

WELTZIN *et al.* (2001) comenta que los cojines y los planos pueden diferir en términos de oxigenación, potencial redox, pH y disponibilidad de nutrientes. Estos factores no fueron medidos, por lo cual no se puede saber si estarían influyendo sobre el crecimiento.

5.1.2 Diferencias en el crecimiento y productividad entre los sitios de estudio. Si bien el objetivo de este estudio fue conocer aspectos relacionados al crecimiento y productividad de la especie *S. magellanicum*, inevitablemente aparecieron diferencias ligadas a los sitios de estudio y es por ello que en este capítulo se postulan ciertas hipótesis que ayudarían a explicar dichas diferencias.

Como se indicó en el capítulo 3.2.7, los sitios difieren entre sí según la intensidad de cosecha a la cual han sido sometidos, así Huelmo>Quemas>Quillaípe.

Con respecto al crecimiento acumulado de *S. magellanicum*, Huelmo mostró un crecimiento muy superior al registrado en Quemas y Quillaípe, siendo prácticamente el doble. Sin embargo, la productividad fue similar entre los sitios de estudio. Este hecho puede ser explicado por los demás factores que determinan la productividad. Así, tenemos que la biomasa de los caulidios en Huelmo, fue significativamente menor a la de los demás sitios. Este resultado, junto con el antecedente de mayor intensidad de cosecha en el sitio, sugiere que los musgos de Huelmo serían más jóvenes que los musgos de los otros dos sitios y que por ello tendrían menor biomasa en sus caulidios. El otro factor que determina la productividad es la densidad de los capítulos. Este índice fue significativamente mayor en el sitio de Quillaípe, donde escasamente se ha cosechado el musgo. Estos resultados se podrían explicar por una diferencia de edad de los musgos entre los sitios, siendo más jóvenes los de Huelmo y más viejos los de Quillaípe. Los musgos de Quemas estarían en una situación intermedia, dado que con respecto a Huelmo registraron mayor biomasa en sus caulidios y similar densidad de capítulos. Este postulado indica que la edad de los musgos sería otro factor que está influyendo sobre el crecimiento y la productividad de *S. magellanicum*.

Huelmo es el sitio donde los musgos se encontraron más cercanos al nivel freático (Cuadro 1) y además es el sitio que ha sido sometido a una mayor intensidad de cosecha. Es sabido que en estos humedales, después de la cosecha del musgo *S. magellanicum*, el nivel freático queda expuesto en superficie ⁽¹⁾. Entonces, se podría pensar que las variables profundidad del nivel freático e intensidad de cosecha, podrían estar influyendo en forma conjunta sobre la tasa de crecimiento de *S.*

⁽¹⁾ GALLARDO, R. 2006. Propietario del humedal Huelmo. Comunicación personal.

magellanicum exhibida en Huelmo, que se asemeja al crecimiento del tipo exponencial

De todos modos, a partir de este estudio no es posible establecer si la diferencia de crecimiento que exhibe el sitio Huelmo está relacionada a su historia de cosecha (intensidad de cosecha) o a una condición propia del sitio; sin embargo, se postula que la intensidad de cosecha vista como un factor de edad de los musgos, podría estar incidiendo sobre el crecimiento de *S. magellanicum*.

A su vez, los registros de distancia de los musgos al nivel freático, junto con los registros de espesor del estrato orgánico del suelo (ver cap. 4.6.1) y los antecedentes de baja intensidad de cosecha, indican que en Quillaípe hay mayor acumulación de *S. magellanicum in situ* al compararlo con los otros sitios, lo cual contribuye a que los musgos estén más distantes del nivel freático. También Quillaípe registró una mayor biomasa en los caulidios y mayor densidad de capítulos de *S. magellanicum*. Por lo anterior, se apoya la afirmación de que hay diferencias en cuanto a la edad de los musgos entre los sitios, siendo más robustos y más densos los musgos en Quillaípe, en comparación con las otras turberas.

Además, podría existir una diferencia de edad de formación de las turberas. Según los antecedentes brindados por los agricultores, Quillaípe fue un alerzal (bosque de *Fitzroya cupressoides*) explotado hace unos 150 años atrás, mientras que Quemadas habría sido un tepual (bosque de *Tepualia stipularis*) explotado y quemado alrededor de 50 años atrás. Huelmo habría sido un bosque de luma (*Amomyrtus luma*) talado por el mismo agricultor cerca de 30 años atrás. Por ello estas turberas se podrían considerar como turberas secundarias por tener un origen antropogénico. La vegetación descrita en este estudio indica que Quillaípe posee menor diversidad de especies y según este parámetro, se asemejaría más a las turberas naturales que a las turberas secundarias o pomponales, ya que en un estudio efectuado por DÍAZ *et al.* (2006) en turberas y pomponales de Chiloé, encontraron menor riqueza de especies en las turberas naturales que en los pomponales. Sin embargo, no se encontraron especies características de turberas naturales como *Drosera uniflora* y *Pinguicula antarctica*.

5.1.3 Crecimiento estacional de *S. magellanicum*. La tasa de crecimiento fue significativamente mayor en los tres sitios (Huelmo, Quemadas y Quillaípe) durante el verano (Figura 9); esto sugiere que la temperatura ambiental podría ser un factor que esté limitando el crecimiento de los musgos durante el invierno, sin embargo la temperatura no fue registrada en este estudio. GUNNARSSON *et al.* (2004), sostienen que en verano en zonas con temperaturas bajas, los incrementos en las temperaturas pueden elevar la tasa de crecimiento de las briófitas, sin que el consiguiente aumento en la evapotranspiración lleve a los musgos a una situación de estrés hídrico. GERDOL (1995) afirma que la temperatura media tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de *S. magellanicum* y que las temperaturas máximas, por otro lado, no tienen efecto directo sobre el crecimiento de esta especie.

En el presente estudio, el nivel freático se mantuvo la mayor parte del año (mayo-octubre) cercano a la superficie, lo cual probablemente ayudó a que *S. magellanicum* se mantuviera hidratado y continuara creciendo durante el verano, inclusive exhibiendo las mayores tasas de crecimiento durante esta época (Figura 13). En un estudio llevado a cabo en Nueva Zelanda, se estimó que el estrés hídrico pudo limitar el crecimiento de *S. cristatum* durante el verano, ya que las mayores tasas de crecimiento se registraron durante las estaciones de primavera y otoño y no durante el verano (BUXTON *et al.*, 1996). GUNNARSSON (2005), afirma que las mejores condiciones para el crecimiento de *Sphagnum* parecen ocurrir cuando la humedad es alta; esta condición ocurre usualmente durante las estaciones de primavera y otoño.

Los musgos en Quillaípe no mostraron diferencias significativas entre el crecimiento de cojines y planos, a pesar de que la altura con respecto al nivel freático promedio alcanzó los 63 cm (medición de marzo). Hayward y Clymo 1982; Rydin 1985, citados por GUNNARSON *et al.* (2004) sugieren que los musgos de cojín pueden tener un sistema de transporte capilar más desarrollado que los musgos del plano, con lo cual no se perjudicaría su sobrevivencia al estar tan lejanos al nivel freático. La capilaridad puede haber contribuido a continuar con el crecimiento durante la época estival y a no exhibir un menor crecimiento en los cojines. RYDIN (1993), comenta sobre un comportamiento un tanto inesperado, en el cual las especies de *Sphagnum* que crecen en planos durante los períodos secos, tienden a

secarse más que las especies formadoras de cojín, a pesar de que ellas están creciendo más cercanas al nivel freático. Este hecho se atribuye al sistema de transporte capilar más desarrollado que tendrían los individuos de cojín. De todas formas, en este estudio no se encontró interacción entre la tasa de crecimiento, según posición microtopográfica y los meses del año. Y tampoco de mayor desecamiento en los planos. El desecamiento en verano se da principalmente en los cojines.

Otro factor que limita el crecimiento del musgo es la luz. Se ha descrito que las especies de *Sphagnum* requieren de una alta intensidad lumínica para su óptimo de crecimiento (HAYWARD y CLYMO, 1983; GUNNARSSON, 2005). Por lo tanto la mayor intensidad lumínica durante el período estival pudo incidir en la mayor tasa de crecimiento exhibida durante este período. Además, un fotoperíodo largo promueve el crecimiento de las especies de *Sphagnum*. Por el contrario, a medida que se acorta el fotoperíodo y disminuyen las temperaturas nocturnas, se induce el proceso de dormancia (GERDOL, 1995).

5.2 Error de medición. Entre los registros de crecimiento, existen algunos valores negativos (ver Anexo 1), que podrían ser atribuidos a un error de medición. En relación al error asociado a las mediciones de crecimiento, según observaciones realizadas al medir repetidas veces sobre el mismo punto, el error en las mediciones se podría decir que fluctuó entre $\pm 0,1 - 0,3$ cm , por lo cual se plantea que incrementos o decrecimientos en el orden de estas magnitudes pudieran deberse a un error de medición y no necesariamente al crecimiento o decrecimiento del musgo.

Existen valores negativos de magnitud mayor al error de medición, los cuales son atribuidos al pisoteo de animales. Este hecho ocurrió puntualmente en el sitio de Quemadas (entre las mediciones de agosto-octubre) y en Huelmo (entre las mediciones de marzo- mayo) (Anexo 1). En las parcelas de medición, se encontraron pisadas de animales y alambres de medición doblados. El pisoteo por animales hizo bajar la altura del musgo alrededor de algunos alambres (sitios de medición), siendo en estos, una causa directa del fuerte decrecimiento que se exhibió entre algunas mediciones.

Otra posible causa de error fueron las heladas invernales. Los días anteriores a la medición de Julio, se registraron temperaturas bajo cero, trayendo como consecuencia la formación de hielo sobre *S. magellanicum*. El hielo puede haber

compactado los musgos, incidiendo en los datos de crecimiento negativo registrados durante la medición de julio en Huelmo. Por otra parte, la medición de Julio fue la que registró una menor tasa de crecimiento de *S. magellanicum* y un alto error estándar, por lo cual se piensa que tasas de crecimiento cercanas a cero (en comparación con mayores tasas de crecimiento) faciliten la aparición de valores de crecimiento negativos, debido al error de medición.

Con respecto al análisis textural de los suelos, los resultados no serían representativos para esta característica de suelo. El método sólo registra la presencia de material mineral, la cual fue extremadamente baja en las muestras. La baja proporción de material mineral no logra imprimir el carácter textural a los suelos, los cuales fueron predominantemente orgánicos.

5.3 Implicancias en el manejo sustentable de *Sphagnum*.

La estimación de productividad del musgo es de importancia para los agricultores, quienes deben planificar las labores de cosecha de acuerdo al tiempo de regeneración y a la biomasa disponible.

El tiempo de regeneración no fue medido en este estudio. Sin embargo, en una encuesta realizada por BARRIENTOS (2006) a la Asociación de Productores del Musgo Pon pon, la respuesta promedio y la moda fue que el ciclo de cosecha es cada 3 años, lo cual no implica que después de ese tiempo el musgo haya recobrado la biomasa inicial. Con respecto al tiempo que demora en recobrase la biomasa inicial en turberas no cosechadas, BUXTON *et al.* (1996) sostienen que es mucho mayor al tiempo calculado para el ciclo de cosecha. Ellos estimaron que en tratamientos bajo cosecha con resiembra del musgo, el tiempo que demoraría en recobrase la biomasa de *S. cristatum* fue de 11 años, no así en tratamientos bajo cosecha sin resiembra del musgo, donde el tiempo que demoraría en recobrase la biomasa de *S. cristatum* fue de 32 años.

Después de la cosecha, *S. magellanicum* crece cercano al nivel freático (situación de plano). Por ello, los registros de crecimiento y productividad en zonas de microtopografía plana (excepto Quillaípe), son una aproximación a lo que estaría ocurriendo con *S. magellanicum* durante los primeros años después de la cosecha. La turbera de Quillaípe corresponde a una situación prácticamente no cosechada y es

por ello que no debería ser considerada para las estimaciones de crecimiento y productividad en pomponales cosechados.

Según resultados de este trabajo, después del establecimiento de los musgos, éstos mostrarían un crecimiento de tipo exponencial (situación de plano), donde los musgos crecen en altura con un bajo incremento de biomasa; a medida que se van formando los cojines, el crecimiento disminuye y la biomasa aumentaría en forma proporcional con el crecimiento (BUXTON *et al.*, 1996). Aunque no se conoce la curva de crecimiento de *S. magellanicum* después de la cosecha, según lo registrado en este estudio, la curva de crecimiento podría ser del tipo sigmoideo. Los planos se encontrarían en la fase exponencial y los cojines en la fase estacionaria.

Para mantener rendimientos satisfactorios de *Sphagnum* es importante considerar la producción de biomasa y no exclusivamente el incremento en altura o crecimiento (BUXTON *et al.*, 1996). Como ocurrió en el sitio de Huelmo, una alta tasa de crecimiento de *Sphagnum* no necesariamente trae consigo una alta productividad. Si se considerara sólo el crecimiento en altura como indicador al momento de cosechar, se podría caer en la sobreexplotación del recurso, dado que incluso se podría cosechar 1 vez al año (caso de Huelmo), pero la escasa biomasa cosechada por m² obligaría al agricultor a cosechar en un área mayor (inclusive otros humedales) para cumplir con los volúmenes requeridos.

La tasa de crecimiento de *Sphagnum* puede ser un buen indicador de la regeneración del musgo en humedales cosechados. BUXTON *et al.* (1996) recomiendan que la cosecha de *Sphagnum* se realice en sitios donde el crecimiento de *Sphagnum* sea vigoroso (alta tasa de crecimiento).

Las tasas de crecimiento registradas en este estudio (ver Figura 9), muestran que el crecimiento de *S. magellanicum* fue mayor durante los meses de verano. La segunda quincena de enero se observó emergencia de los esporofitos, lo cual indicaría que durante esta época está ocurriendo actividad reproductiva. Por estas razones, no es recomendable cosechar el musgo durante el verano. Además, una de las recomendaciones del protocolo de manejo sustentable descrito en el capítulo 2.6.1, aconseja que después de cosechar se debe sembrar y aplanar la zona, de modo que los musgos sembrados y los que queden *in situ* estén en contacto con el nivel freático; entonces, si se cosecha durante el verano, época donde los niveles

freáticos se sitúan a mayor profundidad, los musgos resemebrados difícilmente podrán estar en contacto con el nivel freático, trayendo como consecuencia probable un retraso en la etapa de recolonización de *Sphagnum* en el sitio. BUXTON *et al.* (1996) afirman que si se deja un 30 % de cobertura de *Sphagnum* cercana al nivel freático, se favorece una rápida recolonización del sitio cosechado.

La resiembra puede reducir el ciclo de cosecha, alrededor de 1 año, promoviendo una rápida restauración de la cobertura de *Sphagnum*, otorgando un mayor potencial para la sustentabilidad (BUXTON *et al.*, 1996). En los sitios de Huelmo y Quemadas la frecuencia de *S. magellanicum* no alcanzó un 100% (ver Cuadro 2), en otras palabras la cobertura del musgo es discontinua. Por ello, es fundamental que la práctica de resiembra se incorpore en los planes de manejo de *Sphagnum*, dado a que ha mostrado tener resultados muy superiores en cuanto al crecimiento y productividad de *Sphagnum*, con respecto a las zonas cosechadas, pero sin resiembra del musgo (BUXTON *et al.*, 1996).

WHINAM y BUXTON (1997), advierten que si se cosecha todo el musgo, la regeneración de *Sphagnum* es baja y a veces nula, permitiendo la colonización de otras especies tales como arbustos y/o pastos. En la turbera de Huelmo se apreció una mayor presencia de especies pratenses (Cuadro 2). Estas especies podrían ser indicadoras de la alta intensidad de cosecha que ha ocurrido en esta turbera.

El crecimiento de *Sphagnum* se ha visto favorecido cuando crece en asociación con especies del género *Juncus* (BUXTON *et al.*, 1996). En Huelmo, donde el crecimiento de *S. magellanicum* fue significativamente mayor, se registró una alta frecuencia de *Juncus procerus* (ver cuadro 2). Esta especie puede haber influido sobre la tasa de crecimiento de *S. magellanicum*. Según esta posible asociación positiva con *Juncus procerus* (junquillo), sería favorable para el crecimiento del pompón no arrancar los junquillos, sólo cortarlos si fuera necesario cuando se cosecha, para evitar posibles accidentes a la vista.

6. CONCLUSIONES

- La altura del nivel freático influyó significativamente sobre el crecimiento y productividad del musgo *S. magellanicum*, encontrándose mayores tasas en los ambientes más cercanos al nivel freático (zonas planas) y menores en los cojines.
- El crecimiento de *S. magellanicum* fue bastante variable, registrando valores promedio de 1,72 a 9,53 cm*11 meses⁻¹. Este amplio rango está asociado a la posición microtopográfica y a condiciones propias de cada turbera.
- La productividad fue similar entre los sitios de estudio, siendo en promedio de 284 g M.S. m⁻² año⁻¹ en los cojines y 495 g M.S. m⁻² año⁻¹ en los planos.
- Se acepta la hipótesis de este trabajo, que postula una relación negativa entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático relativo a los musgos. Sin embargo, esta relación se da en las primeras etapas de crecimiento después de la cosecha.
- La relación entre el crecimiento y el nivel freático varió según la posición microtopográfica de los musgos (cojín o plano). En los sitios de Huelmo y Quemadas, se encontró una relación positiva entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático, cuando los musgos están a pocos centímetros del nivel freático (situación de plano), no encontrando relación cuando el nivel freático está más profundo (situación de cojín).

- La mayor tasa de crecimiento de *S. magellanicum* se registró durante el verano (enero-marzo). Además, durante esta época el nivel freático se situó a una mayor profundidad. Considerando estos factores más algunas prácticas que favorecen la recolonización del musgo, no sería apropiado cosechar durante esta época.
- Una alta intensidad de cosecha podría traer como consecuencia altas tasas de crecimiento de *S. magellanicum*, pero una baja biomasa de los musgos. Por ello, una alta tasa de crecimiento no debe ser confundida con una mayor productividad, pues si así lo fuera, se podría caer en prácticas de sobreexplotación del recurso *Sphagnum*.

7. RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron evaluar el crecimiento en altura de *S. magellanicum* y su productividad, además analizar si existe una relación significativa entre el crecimiento de *S. magellanicum* y la profundidad del nivel freático relativo a los musgos. El estudio se realizó en tres turberas bajo cosecha de la provincia de Llanquihue, comuna de Puerto Montt, Chile; durante un período de 11 meses (agosto 2006- julio 2007), con una frecuencia en las mediciones de dos meses. En cada sitio se instalaron tres parcelas de medición. Las parcelas estuvieron constituidas por dos tratamientos; una zona de microtopografía alta (cojín), la cual estuvo más lejana al nivel freático y una zona de microtopografía baja (plano), la cual estuvo más cercana al nivel freático. En las parcelas se insertaron alambres forrados que fueron utilizados como referencia externa para medir el crecimiento en altura de los musgos. También se instaló un piezómetro, sobre el cual se midió la altura del nivel freático. La productividad se estimó a través de la determinación de la materia seca de los musgos, la densidad de capítulos y los registros de crecimiento. Los datos se evaluaron a través de un Andeva no paramétrico utilizando el programa Statistica 6.0.

Los resultados indican que el crecimiento y la productividad fueron mayores en las zonas planas. Se encontró una correlación negativa entre el crecimiento y la profundidad de nivel freático relativo a los musgos; con ello se comprueba la hipótesis de este trabajo. El crecimiento fue bastante variable, registrando diferencias entre los sitios de estudio. Los valores promedio fluctuaron entre 1,72 a 9,53 cm*11 meses⁻¹. La productividad en cambio fue más constante, exhibiendo valores promedio para cojín y plano de 284 y 495 g M.S. m⁻² año⁻¹, respectivamente. La mayor tasa de crecimiento del musgo se registró durante el verano (enero-marzo).

SUMMARY

The goals of this study were to evaluate the growth in height of *S. magellanicum* and its productivity, as well as to observe if there exists a significant relationship between the growth of *S. magellanicum* and the depth of the water-table relative to the mosses. This study was carried out in three harvest's bogs in the Llanquihue province, commune of Puerto Montt, Chile, for a period of 11 months (August 2006-July 2007), with measurements every two months. Three plots were installed in each place. The plots had two treatments: a zone with high microtopography (hummock) that was more distant from the water-table, and a zone with low microtopography (lawn) that was closer to the water-table. A set of wires were placed in the plots in order to have an external reference for the measurement of the mosses' growth in height. A piezometer was also installed to monitor the water-table. The productivity was estimated on the basis of the dry weight of the mosses, the density of capitula and the growth in height. The data were evaluated by non parametric Anova using the Statistics 6.0 software.

The results indicate that the growth and the productivity were greater at the lawn. A negative correlation between growth and depth of the water-table relative to the mosses was found, a finding that confirms the hypothesis of this work. The growth was very variable, showing differences among the study sites. The mean values fluctuate between 1.72 to 9.53 cm per 11 months. In contrast, the productivity was more stable, showing mean values for hummock and lawn of 284 and 495 g of dry matter per square meter per year, respectively. The highest growth rate occurred during the Summer months of January to March.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AERTS, R., WALLEN, B., y MALMER, N. 1992. Growth-limiting nutrients in *Sphagnum*-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *Journal of Ecology* 80:131-140.
- ARMESTO, J., VILLAGRAN, C. y DONOSO C. 1994. Desde la era glacial a la industrial: historia del bosque templado en chileno. *Ambiente y Desarrollo*, Vol. X: 66-72.
- BARRIENTOS, P. 2006. Caracterización y análisis FODA de los socios de la Asociación Gremial de pequeños agricultores productores de Pon-pon (*Sphagnum* sp.) Puerto Montt, Décima Región de Los Lagos. Tesis Ing. Agr. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias Agrarias. 61 p.
- BLANCO, D. y BALZE, V. (eds.). 2004. Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina. 149 p.
- BULLOCK, A. y ACREMAN, M. 2003. The role of wetlands in the hydrological cycle. *Hidrology and Earth System Science* 7(3): 358-389.
- BUXTON, R., JOHNSON, P. y ESPIE, P. 1996. *Sphagnum* research programme: the ecological effects of commercial harvesting. Published by Department of Conservation, Wellington, New Zealand. *Science for Conservation*: 25. 33 p.
- CLYMO, R. 1970. The growth of *Sphagnum*: methods of measurement. *Journal of Ecology* 58: 13-49.

- CLYMO, R. y HAYWARD P. 1982. The ecology of the *Sphagnum*. **In:** Smith AJE (ed). Bryophyte Ecology. Chapman and Hall, New York. pp. 229-289.
- CRIGNOLA, P. y ORDOÑEZ, A. 2002. Perspectivas de utilización de los depósitos de turba de la isla de Chiloé, Décima Región de Los Lagos, Chile. Servicio Nacional de Geología y Mineralogía. Simposio Internacional de Geología Ambiental para planificación del uso del territorio.
- DAMMAN, A. 1978. Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs. *Oikos* 30: 480-495.
- DÍAZ, M.F. 2004. Limitantes biológicas e hidrológicas de la sucesión secundaria en bosques de Chiloé. **In:** Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago. 141 p.
- DÍAZ, M.F., ZEGERS, G. y LARRAÍN, J. 2005a. Antecedentes sobre la importancia de las turberas y el pompoñ en la Isla de Chiloé. 33 p. (On line). <<http://www.sendadarwin.cl>> (2 jun. 2006).
- DÍAZ, M.F., JIMÉNEZ P. y ABURTO, H. 2005b. Consejos para realizar un manejo sustentable del pompón (*Sphagnum*). Documento no publicado. 4 p.
- DÍAZ, M.F., LARRAÍN, J., ZEGERS, G. y ARMESTO J. 2006. Evaluación del impacto ecológico en la extracción de *Sphagnum* en la Isla de Chiloé. XVII Reunión Anual de la Sociedad de Botánica de Chile, 16 al 19 de enero de 2006, Talca, Chile.
- DI CASTRI, F. y HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 128 p.

- GEHRKE, C. 1998. Effects of enhanced UV-B radiation on production-related properties of a *Sphagnum fuscum* dominated subarctic bog. *Functional Ecology* 12 (6): 940-947.
- GERDOL, R. 1995. The growth dynamics of *Sphagnum* based on field measurements in a temperate bog and on laboratory cultures. *Journal of Ecology* 83: 431-437.
- GROSVERNIER, P., MATTHEY Y. y BUTTLER, A. 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.
- GUNNARSSON, U. y RYDIN, H. 2000. Nitrogen fertilization reduces *Sphagnum* production in bog communities. *New Phytologist* 147: 527-537.
- GUNNARSON U., GRANBERG G. y NILSSON M. 2004. Growth production and interspecific in *Sphagnum*: effects of temperature, nitrogen and sulphur treatments on a boreal mire. *New Phytologist* 163: 349–359.
- GUNNARSSON, U. 2005. Global patterns of *Sphagnum* productivity. *Journal of Bryology* 27:269-279.
- HAYWARD P. y CLYMO R. 1983. The growth of *Sphagnum*: experiments on, and simulation of, some effects of light flux and water-table depth. *Journal of Ecology* 71: 845–863.
- INTERNATIONAL PEAT SOCIETY e INTERNATIONAL MIRE CONSERVATION GROUP. 2002. The Wise Use of Mires and Peatlands. (Online). <<http://peatsociety.fi/peatnd/wiseusestatementspan.htm>> (22 jun 2006).

- MALMER, N. y WALLÉN, B. 1993. Accumulation and release of organic matter in ombrotrophic bog hummocks-processes and regional variation. *Ecography* 16: 193-211.
- MCNEIL, P. y WADDINGTON, J.M., 2003. Ecohydrological controls on *Sphagnum* growth and CO₂ exchange on a ctover bog surface. *Journal of Applied Ecology* 40:354-367.
- LARRAÍN, J. 2005. Musgos de la Cordillera de la Costa de Valdivia, Osorno y Llanquihue: consideraciones ecológicas y lista de especies. **In:** Historia, Biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editores: Cecilia Smith-Ramírez, Juan J. Armesto, Claudio Valdovinos. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 159-177.
- LI, Y., GLIME, J.M. y LIAO, C. (1992). Response of two interacting *Sphagnum* species to water level. *Journal of Bryology* 17: 59-70.
- PEDERSEN, A. 1975. Growth measurements of five *Sphagnum* species in south Norway. *Norwegian Journal of Botany* 22: 277-284.
- PISANO, E. 1983. The magellanic tundra complex. **In:** Mires, swamp, bog, fen and moor. Gore, A.J.P. (Ed.). Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 295-329.
- RAMSAR. 2002. "Humedales: agua, vida y cultura" 8va. Reunión de la Conferencia de las partes. Contrastantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) Valencia, España.
On line:<http://www.ramsar.org/key_guide_peatlands_s.htm> 10/06/2006.
- RAMSAR. 2004. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales. (On line).
< http://indaba.iucn.org/ramсарfilms/lib_handbooks_s14.pdf> (10 jun. 2006).

- RAMÍREZ, C. y SAN MARTÍN, C. 2005. Asociaciones vegetales de la Cordillera de la Costa de la Región de Los Lagos. **In:** Historia, Biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile. Editores: Cecilia Smith-Ramírez, Juan J. Armesto, Claudio Valdovinos. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 206-223
- RYDIN, H. 1993. Interspecific competition between *Sphagnum* mosses on a raised bog. *Oikos* 66:413-423.
- SAN MARTÍN, C., RAMÍREZ, C. y ÁLVAREZ, M. 2004. Estudio de la vegetación de “Mallines” y “Campañas” en la Cordillera Pelada (Valdivia, Chile). *Revista Geográfica de Chile* 35: 261-273.
- SCHOFIELD, W.D. 1985. Introduction to Bryology. Macmillian Publishing Company. New York, USA. 417 p.
- SHERRIFFS, M., IPPI, S., ANDERSON, C.B., ROZZI, R. y ZÚÑIGA, Á. 2004. Explorando la Micro-Biodiversidad del Cabo de Hornos - Guías y actividades. Fundación Omora, Puerto Williams, Chile. 98 p.
- SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A., 2001. Agenda del Salitre. Undécima Edición. 1515 p.
- SCHLATTER, R. y SCHLATTER, J. 2004. Los turbales de Chile. **In:** Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Publicación No. 19. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina. pp.75-80.
- SOKAL, R. y ROHLF, F. 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research, Third ed. W. H Freeman and Company, New York. 887 p.

- STEEL, R. y TORRIE, J. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2ª edición (primera en español). Ed. Mc Graw-Hill. 622 p.
- SVENSSON, G. 1988. Fossil plant communities and regeneration patterns on a raised bog in south sweden. *Journal of Ecology* 76: 41-59.
- SUNDBERG, S. y RYDIN, H. 2002. Habitat requirements for establishment of *Sphagnum* from spores. *Journal of Ecology* 90: 268-278.
- TURETSKY, M. 2003. The role of Bryophytes in Carbon and Nitrogen cycling. *The Bryologist* 106 (3): 395-409.
- TUITTILA, E. 2000. Restoring vegetation and carbon dynamics in a cut-away peatland. (On line). <<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/ekolo/vk/tuittila/restorin.html>> (19 jun. 2007).
- VAN BREEMEN, N. 1995. How *Sphagnum* bogs down other plants. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 270-275.
- VAN SETERS, T. y PRICE, J. 2001. The impact of peat harvesting and natural regeneration on the water balance of an abandoned cutover bog. *Quebec. Hydrological Process* 15: 223-248.
- VILLAGRÁN, C. 1988. Late Quaternary Vegetation of Southern Isla Grande de Chiloé, Chile. *Quaternary Research* 30: 304-314.
- VILLAGRÁN, C. y BARRERA, E. 2002. Musgos del archipiélago de Chiloé, Chile. Gobierno de Chile, CONAF. 24 p.

- WADDINGTON, J.M., ROCHEFORT, L. y CAMPEAU, S., 2003. *Sphagnum* production and decomposition in a restored cutover peatland. *Wetlands Ecology and Management* 11: 85-95.
- WALLÉN, B., FALKENGREN-GRERUP, U. y MALMER, N. 1988. Biomass, productivity and relative rate of photosynthesis of *Sphagnum* at different water levels on a South Swedish peat bog. *Holarctic Ecology* 11: 70-76.
- WELTZIN, J., HARTH, C., BRIDGHAM, S., PASTOR, J. y VONDERHARR, M. 2001. Production and microtopography of bog bryophytes: response to warming and water-table manipulations. *Oecología* 128: 557-565.
- WHINAM, J. y BUXTON, R. 1997. *Sphagnum* peatlands of Australasia: an assessment of harvesting sustainability. *Biological Conservation* 82: 21-29.
- WILLSON, M. y ARMESTO, J. 1996. The natural history of Chiloé: on Darwin's trail. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 149-161.

ANEXOS

ANEXO 1. Registros de crecimiento acumulado de *S. magellanicum* (cm) por sitio.

Huelmo:

Turbera	Parcela	Posición	Ago-06	Oct-06	Ene-07	Mar-07	May-07	Jul-07
Huelmo	1	Cojín	0	1,4	5,4	9,6	9,6	10,1
Huelmo	1	Cojín	0	0,4	2,5	5,8	6,8	6,6
Huelmo	1	Cojín	0	2	2,7	3,9	5,2	4,6
Huelmo	1	Cojín	0	0,1	0,7	2,1	2,6	2,9
Huelmo	1	Cojín	0	0	2,3	3,9	-8,2	-5,8
Huelmo	1	Plano	0	1,4	3	4,7	5,7	5,8
Huelmo	1	Plano	0	1,8	5,4	7,2	7,6	7,4
Huelmo	1	Plano	0	0,7	3,4	5,6	6	5,8
Huelmo	1	Plano	0	0,6	1,9	2,9	3	3,3
Huelmo	1	Plano	0	0	0,6	1,6	3,1	3
Huelmo	2	Cojín	0	0,5	1,8	2,4	3,5	3,5
Huelmo	2	Cojín	0	-0,1	0,3	1,3	2,2	2,1
Huelmo	2	Cojín	0	-0,1	0,4	1,5	1,9	2,2
Huelmo	2	Cojín	0	0,4	1,2	2,5	3,5	4,3
Huelmo	2	Cojín	0	0,2	1,5	3	4,2	4,6
Huelmo	2	Plano	0	3	9,4	3,1	16,7	17,3
Huelmo	2	Plano	0	2,3	6,8	11,2	13,4	13,7
Huelmo	2	Plano	0	0,7	10	14,8	16,4	14,6
Huelmo	2	Plano	0	0,6	3,9	5,4	7,6	6,8
Huelmo	2	Plano	0	1,3	6,6	10,7	13,8	13,6
Huelmo	3	Cojín	0	-0,6	-0,7	-0,3	0	-0,1
Huelmo	3	Cojín	0	-0,6	0,6	1,1	1,4	0,9
Huelmo	3	Cojín	0	-0,6	-0,2	0	-0,2	-0,2
Huelmo	3	Cojín	0	2,2	3,8	5,1	4	3,7
Huelmo	3	Cojín	0	0,7	0,9	1,3	1,3	1,4
Huelmo	3	Plano	0	4	7,3	9,6	14,6	16
Huelmo	3	Plano	0	1,9	7,2	12,7	13,4	14,3
Huelmo	3	Plano	0	2	4,5	6,7	7,1	6,9
Huelmo	3	Plano	0	1,3	3,5	4,7	15,3	15,2
Huelmo	3	Plano	0	3,1	6,8	10,4	8,8	9,3

Quemas:

Turbera	Parcela	Posición	Ago-06	Oct-06	Ene-07	Mar-07	May-07	Jul-07
Quemas	1	Cojín	0	0,3	0,5	1	1,6	1,4
Quemas	1	Cojín	0	0,3	0,9	0,8	0,8	1,2
Quemas	1	Cojín	0	0,6	0,5	0,9	0,9	1,2
Quemas	1	Cojín	0	-0,1	0,8	1,5	2	2
Quemas	1	Cojín	0	1,2	1	1,7	2,3	2,8
Quemas	1	Plano	0	0,8	2,2	2,8	3,2	3,6
Quemas	1	Plano	0	0,6	3,4	5,6	5,9	6,2
Quemas	1	Plano	0	0,9	3,7	4,1	4,2	4,3
Quemas	1	Plano	0	-0,1	0,6	1,7	1,9	2,2
Quemas	1	Plano	0	0,3	0,8	1,5	1,8	2,3
Quemas	2	Cojín	0	0,3	0,6	1,3	1,4	1,5
Quemas	2	Cojín	0	0,3	1,5	1,3	1,4	1,5
Quemas	2	Cojín	0	0,3	0	0,4	0,5	0,5
Quemas	2	Cojín	0	0,2	0,6	0,8	0,9	0,9
Quemas	2	Cojín	0	0,2	0,2	0,6	0,5	0,5
Quemas	2	Plano	0	0,8	2,3	3,4	4,1	4,3
Quemas	2	Plano	0	0,4	3,2	5,4	6,6	6,6
Quemas	2	Plano	0	1,3	2,7	4,6	4,9	5,1
Quemas	2	Plano	0	0,5	1,5	4,3	5,4	5,8
Quemas	2	Plano	0	-0,5	2,2	5	6,4	5,9
Quemas	3	Cojín	0	0,1	0,3	0,2	0	0,8
Quemas	3	Cojín	0	-0,4	0,7	-2,9	-1,8	-1,6
Quemas	3	Cojín	0	1,9	2,5	7,1	7,8	7,9
Quemas	3	Cojín	0	0,5	1,2	0,4	0,6	1,2
Quemas	3	Cojín	0	-0,4	-0,2	0,2	-1,1	-0,9
Quemas	3	Plano	0	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5
Quemas	3	Plano	0	0,4	-0,2	0,4	0,9	0,9
Quemas	3	Plano	0	0,9	1	1,4	2,2	2,6
Quemas	3	Plano	0	-0,4	-0,1	0,8	2,3	2,5
Quemas	3	Plano	0	0,1	1	1,5	1,8	2,4

Quillaipe:

Turbera	Parcela	Posición	Ago-06	Oct-06	Ene-07	Mar-07	May-07	Jul-07
Quillaipe	1	Cojín	0	-0,3	0,7	1,6	2	2,1
Quillaipe	1	Cojín	0	0,2	1,1	1,6	2	2
Quillaipe	1	Cojín	0	0,3	0,4	1,3	1,4	1,5
Quillaipe	1	Cojín	0	0,3	-1	-1,2	0,2	0,3
Quillaipe	1	Cojín	0	0,1	0,2	2,5	2,8	2,7
Quillaipe	1	Plano	0	0,6	0,3	1,9	3	3,5
Quillaipe	1	Plano	0	0	0	2,1	2,9	3,3
Quillaipe	1	Plano	0	-0,4	-1,3	-1	-0,6	-0,6
Quillaipe	1	Plano	0	0,7	0,1	0,7	1,2	1,3
Quillaipe	1	Plano	0	1	2,1	4	6,7	6,7
Quillaipe	2	Cojín	0	-0,4	1,7	2,6	2,3	2,4
Quillaipe	2	Cojín	0	-0,2	-0,2	0,4	0,5	0,5
Quillaipe	2	Cojín	0	0,3	0,7	1,8	1,8	1,9
Quillaipe	2	Cojín	0	0,1	0,5	0,9	1,1	1,2
Quillaipe	2	Cojín	0	0,2	0,7	1,3	2,1	2
Quillaipe	2	Plano	0	0,4	0,7	1,6	1,1	1,6
Quillaipe	2	Plano	0	-0,1	1,2	3,7	3,8	4,2
Quillaipe	2	Plano	0	0,7	2,2	3	2,9	2,9
Quillaipe	2	Plano	0	0,7	1	1,4	1,6	1,7
Quillaipe	2	Plano	0	1,8	4,2	6,2	7	7
Quillaipe	3	Cojín	0	0,9	1,2	2,8	2,8	2,9
Quillaipe	3	Cojín	0	0,5	0,9	1,6	1,6	1,5
Quillaipe	3	Cojín	0	0,5	0,8	1,7	1,3	1,9
Quillaipe	3	Cojín	0	0,5	0,4	1,4	1,1	1,7
Quillaipe	3	Cojín	0	0,6	1,5	2	1,9	2,2
Quillaipe	3	Plano	0	-0,1	1,4	3	3,4	4,2
Quillaipe	3	Plano	0	-0,1	-0,1	0,2	1,2	1,6
Quillaipe	3	Plano	0	0,3	0,3	1,1	1,8	1,7
Quillaipe	3	Plano	0	0,4	1	1,9	1,7	2,1
Quillaipe	3	Plano	0	0	0,2	0,7	0,5	0,8

ANEXO 2: Análisis químico de suelos

Resultados	Huelmo	Quemas	Quillaipe
pH en agua (1:2,5)	4,9	4,5	5,3
Fósforo Olsen (mg/kg)	10,4	11,5	7,1
Potasio intercambiable (cmol +/-kg)	223	188	31
Sodio intercambiable (cmol +/-kg)	0,55	0,1	0,08
Calcio intercambiable (cmol +/-kg)	3,15	5,28	6,76
Magnesio intercambiable (cmol +/-kg)	1,09	2,22	1,42
Suma de bases	5,36	8,08	8,34
Aluminio intercambiable (cmol +/-kg)	1,95	3,31	0,67
CICE (cmol +/-kg)	7,31	11,39	9,01
Saturación de Aluminio (%)	26,7	29,1	7,4

* Los resultados están calculados para una superficie de 1 ha. Las muestras fueron tomadas a una profundidad de suelo no mayor que 10 cm de la superficie del suelo, por lo tanto representan a éste estrato.