



UNIVERSIDAD DE MAGALLANES  
GAIA ANTÁRTICA  
DIPLOMADO EN ASUNTOS ANTÁRTICOS

**CALENTAMIENTO GLOBAL: EL CASO DE LOS MUSGOS  
EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA  
ANTÁRTICA**

*3ra*

CLAUDIA MORALES ULLOA

## I. ÍNDICE

I. ÍNDICE.....	2
II. RESUMEN.....	3
III. INTRODUCCIÓN.....	4
IV. DESARROLLO.....	5
1. CALENTAMIENTO GLOBAL.....	6
2. MUSGO: DEFINICIÓN.....	7
3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MUSGOS.....	7
4. PROYECTO: "VARIABILIDAD GENÉTICA DEL MUSGO SANIONIA UNCINATA COMO MODELO PARA LA CONSERVACIÓN".....	9
Función Ecológica de la Morrena.....	10
Historia de los Musgos en la Antártica.....	10
V. ANEXOS.....	11
VI. CONCLUSIONES.....	14
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	15

## II. RESUMEN

El objetivo de esta monografía es plantear el tema del cambio climático desde el continente antártico y cómo es que este afecta a los ecosistemas existentes en él, haciendo un hincapié en el caso especial del musgo y el porqué de su supervivencia a través de más de 3000 años en el continente antártico, buscando identificar sus mecanismos de tolerancia a las condiciones climáticas extremas ocasionadas también por el calentamiento global.

Tras consultar en diversas publicaciones electrónicas, sitios web y revistas, se logró recopilar información respecto a cuáles son las características que hacen que el musgo antártico sobreviva por tanto tiempo pese a las extremas condiciones climáticas existentes en él.

Lo anteriormente expuesto, lleva como conclusión de que el musgo posee una información muy importante a considerar al momento de estudiar los impactos del cambio climático, ya que éstos son muy susceptibles a los cambios de radiación solar o variaciones de la precipitación, además de poseer elementos dentro de sus mecanismos, capaces de soportar variaciones climatológicas extremas y estrés medioambiental.

## PALABRAS CLAVE

Musgo, Antártica, cambio climático, briófitas, calentamiento global, ecosistema, variabilidad medioambiental,

### III. INTRODUCCIÓN

El cuerpo de esta monografía se dividirá en 4 partes: Primero se hará un breve análisis de lo que es el Calentamiento Global y cómo se manifiesta en el continente antártico; se definirá qué son los musgos y se detallarán algunas de sus más importantes características. Del mismo modo, se expondrá un breve resumen de la historia del musgo en la antártica y su importancia para el estudio del clima y su evolución, además del análisis de los elementos que hacen que estos organismos soporten un alto nivel de estrés medioambiental.

Del mismo modo, se hará mención del Proyecto realizado por la Dra. Ingrid Hebel, quien ha investigado el comportamiento del ecosistema vegetal de la Península antártica, específicamente el comportamiento del musgo.

En el contexto de la variabilidad medioambiental sufrida en la antártica en los últimos 50 años, se podría concluir que el musgo nos ofrece un estudio único de variabilidad natural que permitiría dilucidar las evidencias del pasado remoto, la descripción integrada de los ritmos del presente y los escenarios futuros.

Más allá de la amenaza que representa el cambio climático a nivel mundial, es claro que para nuestra sociedad existe un gran número de desafíos y oportunidades asociadas al estudio del fenómeno del cambio del clima en el planeta.

El objetivo general es identificar mecanismos de tolerancia en los musgos a condiciones climáticas extremas y adversas a través del tiempo, para que se pueda tener una visión más general de cuáles son los elementos que forman parte de estos mecanismos y se puedan utilizar en el futuro.

La metodología utilizada fue principalmente la lectura y consulta de diversas publicaciones disponibles en internet, como revistas especializadas (en este caso, a partir de la publicación la revista Current Biology). A partir de ahí se recogieron algunas ideas y se fueron desarrollando en lo posible, según lo encontrado.

## IV.DESARROLLO

### 1.- CALENTAMIENTO GLOBAL: LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS ORGANISMOS EN LA ANTÁRTICA

Las condiciones ambientales en las que se desenvuelven los organismos que cohabitan en el continente antártico son cambiantes.

Es posible encontrar condiciones de estrés abiótico dentro de 1 día, producto de las variaciones de temperatura entre el día y la noche, así como cambios en la calidad lumínica debido al ángulo de incidencia del sol. Estos cambios se hacen más dramáticos si pensamos en una escala temporal un poco mayor, por ejemplo, la que va del verano al invierno, o en factores como la latitud, la altitud y la influencia humana.

Los factores estresantes en los ecosistemas antárticos son el resultado de la variabilidad estacional o interanual, el cambio climático a largo plazo, los eventos extremos de baja temperatura y la disponibilidad de agua sumado al impacto humano.

Las condiciones particulares encontradas en diferentes sitios de la Antártica han evidenciado una respuesta diversa: Mientras en unos lugares el calentamiento ha producido un retroceso en los glaciares, otros han permanecido sin cambio. Esto representa una oportunidad de medir y cuantificar los efectos del calentamiento desde el individuo al ecosistema, contribuyendo al entendimiento de este proceso y ampliando el debate hacia una política ambiental que pueda asegurar la estabilidad de la biósfera. ([http://www.inach.cl/inach/?page\\_id=21933](http://www.inach.cl/inach/?page_id=21933))

Los registros meteorológicos en las estaciones científicas establecidas en la Península Antártica muestran la evolución de las temperaturas en esta zona desde mediados del siglo pasado. El análisis de muestras de musgo permiten ampliar estos datos y contrastar su evolución temporal. Los resultados indican que la actividad biológica del musgo se ha acelerado en respuesta al aumento de la temperatura y que, de seguir por el mismo camino, amplias zonas de la Península Antártica pueden vestirse de verde en las próximas décadas. (Ver fig. 1, página 11)

### **Alteración del medio ambiente**

El proceso de deshielo -también observado en el Ártico- está modificando rápidamente los ecosistemas de la Península Antártica

“La sensibilidad del crecimiento del musgo a los aumentos de la temperatura pasados sugiere que los ecosistemas se alterarán rápidamente bajo calentamiento futuro, llevando a los cambios importantes en la biología y el paisaje de esta icónica región”, (Plants and soil microbes respond to recent warming on the Antarctic Peninsula MJ Amesbury, Current Biology, 2013)

Diversos proyectos de investigación que se han desarrollado y se están desarrollando en la península antártica, tratan de responder cómo los organismos antárticos se han adaptado a las condiciones actuales y cómo responderán en el futuro. Asimismo, busca saber cuáles serán las especies ganadoras y perdedoras en estos nuevos escenarios y cómo esto afectará a las comunidades y el funcionamiento del ecosistema. Esto representa una oportunidad de medir y cuantificar los efectos del calentamiento desde el individuo al ecosistema, contribuyendo al entendimiento de patrones, procesos actuales y detectar futuros cambios. Es así como estos proyectos se encargan desde distintas aproximaciones responder estas interrogantes, siendo las plantas antárticas, algas e invertebrados marinos, musgos y bacterias objetos de este tipo de estudios. Las algas antárticas han revelado que al parecer son resistentes a condiciones cambiantes del océano

Austral, ya que poseen los prerrequisitos metabólicos para adaptarse al cambio. Por ejemplo, las macroalgas antárticas serían resistentes a estrés a corto plazo por UV a temperaturas actuales e incrementadas en el contexto del cambio climático.

## 2.- MUSGO: DEFINICIÓN

Clase de plantas briofitas formadas por tallos y hojas pequeños y delgados, sin tejido vascular; carecen de verdaderas raíces, pero tienen unas estructuras filamentosas que las sujetan, y crecen formando masas apiñadas de aspecto aterciopelado, formando capa sobre la tierra, las rocas, los troncos de los árboles y en el agua. (Diccionario de la Lengua española, edición del Tricentenario, actualización 2017 <http://dle.rae.es/?id=Q94xfsV|Q977EVU>)

Mayormente, los musgos gametófitos se distribuyen en extensas superficies por las islas antárticas. Estas comunidades vegetales suelen cubrir suaves planicies próximas al mar, ya sea formando un césped, pequeñas áreas a modo de cojín o cubriendo los montículos. En muchos lugares aparecen marchitos o descoloridos debido a la acción de los lobos marinos, ya sea porque los utilizan para descansar, o por la degradación que sufren en el continuo ir y venir entre tierra y mar de estos pinípedos.

## 3- CARACTERISTICAS Y CUALIDADES DE LOS MUSGOS

Son plantas exitosas, tienen facilidad para propagarse y obtener los nutrientes necesarios del agua de lluvia y del rocío. Son los primeros colonizadores de rocas y suelos desnudos pobres en nutrientes. Estas características les permiten desarrollarse en lugares inhóspitos para otras plantas, como por ejemplo en la

Antártida, donde se encuentran más de 150 especies de briófitos, a diferencia de las plantas vasculares que solo se hacen presentes con dos especies.

- Los briófitos, son muy sensibles a la contaminación. Pueden tener un papel muy destacado como bioindicadores de la polución ambiental, al utilizarse para elaborar el índice de pureza atmosférica, el cual se basa en el número, frecuencia, cobertura y factor de resistencia de las especies que viven en un determinado lugar. Este índice da una idea de los efectos de la polución en dicha área.
- Existen grupos de briófitos que pueden retener de forma pasiva los contaminantes, de tal manera que al realizar análisis químicos de la cubierta muscinal, se puede conocer la concentración de metales pesados como plomo, zinc, cadmio e isótopos radioactivos.
- La cubierta de musgos acumula fácilmente los granos de polen que precipitan del aire por acción de la gravedad o de la lluvia, durante largos periodos. En jardinería los musgos se utilizan principalmente por su capacidad de retención de agua (*Sphagnum sp.*) y son ocupados como sustratos para el desarrollo de otras plantas. (<http://www.chilebosque.cl/moss.html>)
- La nieve y el hielo cubren a estas pequeñas plantas, por lo que se congelan y se secan totalmente. se rehidratan al comenzar la estación "cálida", y literalmente vuelven a la vida.
- Crean su propio anticongelante. Durante el verano, estas especies almacenan en sus células azúcares especiales y alcoholes de azúcares que se vuelven más concentrados durante el período helado, deteniendo el proceso de nucleación.
- Crean su propio factor solar. Aunque parezca contradictorio, la radiación en la Antártica es inusualmente fuerte por el agujero de la capa de ozono.

Estos vegetales requieren de protección para no quemarse con los rayos UV-B y así poder realizar su fotosíntesis.

#### 4.- PROYECTO: "VARIABILIDAD GENÉTICA DEL MUSGO SANIONIA UNCINATA COMO MODELO PARA LA CONSERVACIÓN", POR LA INVESTIGADORA DE LA UNIVERSIDAD DE MAGALLANES, DRA. INGRID HEBEL

El proyecto, liderado por la investigadora y docente de la Universidad de Magallanes, identificó unas 75 especies de musgos en la Antártica. Las comunidades se presentan en algunas islas en forma extensa y proporcionan un cierto color verdoso a las planicies cercanas al mar. Generalmente, se ven en forma de cojines, césped o en carpetas. Comparte territorio con líquenes (los más adaptados al rigor del clima), hongos, algas, una gramínea (*Deschampsia antarctica*) y una planta con flores (*Colobanthus quitensis*).

La importancia de los musgos en el ecosistema antártico radica, a juicio de Hebel, en que preparan el sustrato (suelo) para poder ser utilizado por plantas superiores, como el pasto antártico (*Deschampsia antártica*). También son indicadores de la calidad del aire, son sustentos para las distintas aves, e indicadores de avance y retroceso de los glaciales. Entre otras de las funciones del musgo, destaca que en un futuro podría ser utilizados en la industria farmacológica, como ya se desarrolla en Alemania, "es bueno tener una línea base genética para saber cómo se puede utilizar un recurso", complementa Ingrid Hebel.

Para la investigadora de la UMAG, además del rol que cumple el musgo en el ecosistema antártico, es importante porque ha sido capaz de permanecer en el Continente Blanco por más de tres mil años, a través de procesos de variación genética que han impedido su extinción. Esto es relevante para ver cómo esta

especie se podría adaptar a un cambio climático brusco como el que se observa en la actualidad.

### **La función ecológica de la morrena para los musgos**

El hallazgo más importante de esta temporada plantea que las morrenas, cerros compuestos por sedimento y partículas de diferente tamaño, que resultan del empuje del hielo contra el sustrato rocoso que lo contenía, cumplirían un rol vital como fuente inicial en la dispersión y establecimiento de los musgos, es decir, la capacidad que posee una población para colonizar nuevos hábitats.

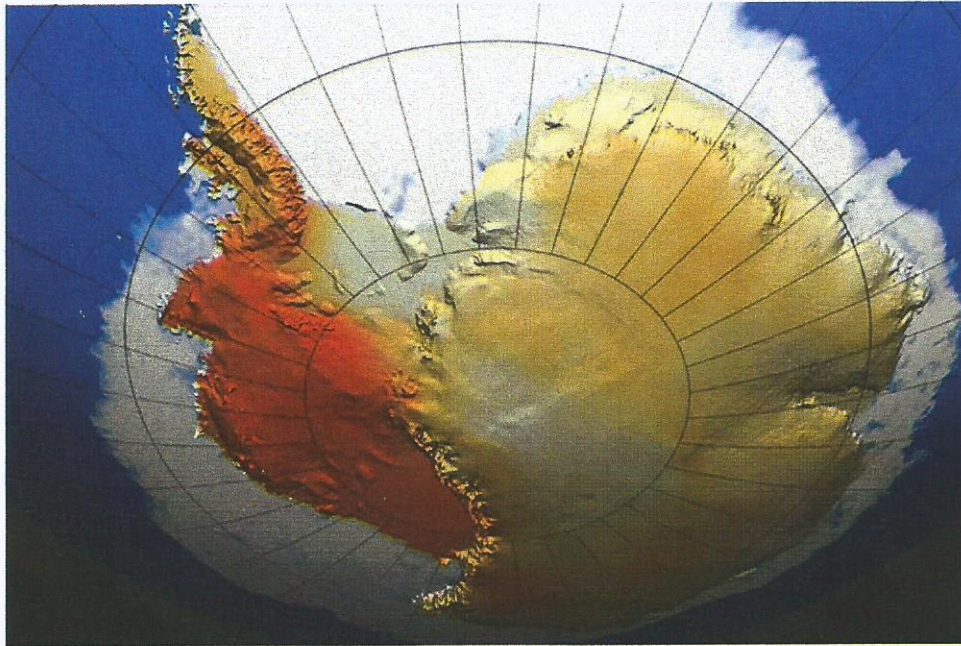
Al respecto Hebel explica que es muy probable que la morrena cumpla una función ecológica al servir como nicho, que es donde se establecen primero las especies para colonizar. "Es ahí donde probablemente empiezan su dispersión en la Antártica, ya que las morrenas les dan las condiciones ambientales de protección, lo que favorece un aumento de la temperatura del sustrato para que la espora germine", especifica.

### **La historia de los musgos en la Antártica**

Los registros fósiles de musgos son escasos, debido a su constitución delgada y naturaleza frágil. Se han recuperado musgos fósiles del período Pérmico de la Antártida y Rusia. Existe evidencia de que microfósiles de formas tubulares del Silúrico son en realidad los restos degradados de caliptras de un musgo. Es precisamente en el advenimiento del Silúrico, hace unos 450 millones de años, cuando las plantas, hasta entonces de vida estrictamente acuática, comienzan a colonizar las superficies emergidas de la Tierra.  
(<http://www.inach.cl/inach/?p=8941>)

## V. ANEXOS

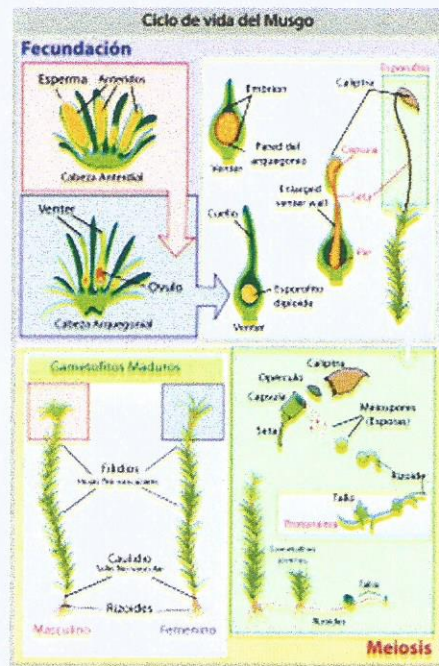
**Figura 1**



Eric J. Steig (University of Washington), David P. Schneider (National Center for Atmospheric Research), Scott D. Rutherford (Roger Williams University), Michael E. Mann (Pennsylvania State University), Josefino C. Comiso (NASA Goddard Space Flight Center), and Drew T. Shindell (NASA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University) - <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=36736>

Analysis of weather station and satellite data, showing the continent-wide warming trend from 1957 through 2006.

Figura 2



Ciclo de vida de un musgo típico

Figura 3



La investigadora Ingrid Hebel tomando muestras del musgo *Sanionia uncinata*. Proyecto: "Variabilidad genética del musgo *Sanionia uncinata* como modelo para la conservación"

**Figura 3**



Musgo en la zona costera de la Península Antártica (Matthew Amesbury, ([Plants and soil microbes respond to recent warming on the Antarctic Peninsula](#)  
[J Royles, MJ Amesbury, P Convey, H Griffiths...](#) - Current Biology, 2013 )

## VI. CONCLUSIONES

Los factores estresantes en los ecosistemas antárticos son el resultado de la variabilidad estacional e interanual, el cambio climático a largo plazo, los eventos extremos de baja temperatura y la disponibilidad de agua sumado al impacto humano.

Luego de adentrarme en parte del conocimiento que existe respecto de estos seres vivos, de los más antiguos existentes en la faz de la Tierra, me he encontrado con un ecosistema fascinante que podrá dar a la ciencia varias respuestas fundamentales sobre el desarrollo de la vida en ambientes desafiantes.

A causa del cambio climático y del agujero en la capa de ozono, que está justamente sobre la Antártica, los musgos se están haciendo cada vez más visibles.

Aun cuando hay numerosos proyectos encargados de investigar más acerca de las plantas antárticas, algas e invertebrados marinos, musgos y bacterias, a mi juicio aún falta mucho por recorrer en ese sentido, ya que pueden significar un importante aporte al conocimiento del manejo del calentamiento global y cambio climático.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/07/120705\\_antartida\\_musgo\\_am](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/07/120705_antartida_musgo_am) , del 5 julio 2012

<http://www.inach.cl/inach/?p=3695> , del 24 de febrero de 2011

<http://www.inach.cl/inach/?p=8941> , del 8 de mayo de 2013

<https://laprensaaustral.cl/cronica/investigan-propiedades-de-musgos-antarticos-para-entender-el-impacto-del-cambio-climatico-y-replicarlas-en-la-industria/> Por La Prensa Austral *sábado 20 de febrero del 2016*

<http://www.latercera.com/noticia/la-antartica-se-llena-musgo-calentamiento-global/19/05/2017>

<http://movil.eldefinido.cl/actualidad/mundo/9241/Superpoderes-Los-curiosos-musgos-de-la-Antartica-que-han-logrado-sobrevivir-mas-de-un-milenio/> 2017-11-13

<http://www.musgosdechile.cl/utilidad.html>

<http://www.lavanguardia.com/natural/20170519/422732538859/cambio-climatico-deshielo-aumenta-musgo-verde-peninsula-antartida.html>

Widespread Biological Response to Rapid Warming on the Antarctic Peninsula. Matthew J. Amesbury, Thomas P. Roland, Jessica Royles, Dominic A. Hodgson, Peter Convey, Howard Griffiths, Dan J. Charman. Current Biology. Published Online: May 18, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.034>