

# **EFECTOS DEL GLIFOSATO EN LOS MUSGOS *Chrysoblastella chilensis*, *Ectropothecium leptochaeton* Y *Syntrichia bogotensis***

Eliana X. Narváez Parra  
Javier H. Jerez Jaimes  
Fredy Galvis  
Holver Smith Parada  
Facultad de Ciencias Básicas,  
Departamento de Biología, Universidad de Pamplona  
eliananarvaez@hotmail.com  
javjerez@yahoo.es

## **RESUMEN**

Los musgos cumplen funciones de vital importancia en los ecosistemas andinos. El uso de herbicidas no selectivos como el glifosato afecta las comunidades de briofitos. En este estudio se seleccionaron tres especies de musgos comunes que crecen sobre taludes de carretera: *Chrysoblastella chilensis*, *Ectropothecium leptochaeton* y *Syntrichia bogotensis*. Cinco muestras de cada especie fueron asperjadas con soluciones de glifosato al 10, 25, 50, 75 y 100% durante tres meses. *Ectropothecium leptochaeton* y *Syntrichia bogotensis* fueron las especies más susceptibles presentando clorosis rápidamente, daño en los cloroplastos y las paredes celulares. *Chrysoblastella chilensis* fue más resistente mostrando daños a concentraciones mayores del 50%.

## **PALABRAS CLAVE:**

Briofitos, clorosis, herbicida, musgos, taludes

## ABSTRACT

Mosses develop functions of vital importance in the Andean Ecosystems. The use of non selective herbicides as the Glyphosate affects the bryophytes communities. In this study three species of common mosses that grow on highway banks were selected: *Chrysoblastella chilensis*, *Ectropothecium leptochaeton* and *Syntrichia bogotensis*. Five samples of each species were sprayed with Glyphosate solutions at the 10, 25, 50, 75 and 100% during three months. *Ectropothecium leptochaeton* and *Syntrichia bogotensis* were the most sensitive species and they showed chlorosis quickly and harms in the chloroplasts and the cellular walls. *Chrysoblastella chilensis* was more resistant showing damages to concentrations bigger than 50%.

**Key words:** Bryophytes, chlorosis, herbicide, highway bank, mosses

## INTRODUCCIÓN

La flora de musgos de Colombia con más de 900 especies es excepcionalmente rica y su número puede alcanzar en total 1000 especies. Las 10 familias más grandes en Colombia son la Dicranaceae, Callicostaceae, Pottiaceae, Bryaceae, Orthotrichaceae, Bartramiaceae, Sematophyllaceae, Sphagnaceae e Hypnaceae. En los subpáramos y páramos dominan naturalmente los briofitos terrestres, en tanto que los briofitos epifíticos presentan valores bajos y se encuentran en la mayor parte confinados a zonas arbustivas (Churchill et al., 1995).

Los musgos presentan su más alta diversidad en la zona alto andina y la transición al páramo en donde se puede encontrar casi el 50% del total de especies que se hallan en el país (Churchill, 1991; Gradstein et al., 1989). Los briofitos son plantas que habitan diversos ambientes y condiciones ecológicas variables, se encuentran principalmente en lugares muy húmedos o en hábitats acuáticos a causa de los requerimientos de agua líquida para la fecundación. Dependiendo de la vegetación superior existente, de las características geológicas, topográficas y climáticas, se encuentran sobre suelo, rocas,

troncos, ramas de árboles y en madera en descomposición. Estas plantas presentan un ciclo de vida con alternancia de generaciones gametofítica y esporofítica que varían en forma, función y dotación cromosómica, e incluyen a los phyla Anthoceroophyta, Bryophyta y Marchantiophyta (Delgadillo et al., 1990).

En numerosas investigaciones se ha reconocido el papel ecológico de los briofitos como bioindicadores ambientales por la absorción directa de contaminantes de la atmósfera y del ambiente (Brown, 1982; Farmer et al 1992). En cuanto a su fisiología, los briofitos capturan el agua y los nutrientes a partir de la superficie de sus gametofitos, interceptando y absorbiendo eficientemente solutos de la lluvia, neblina y directamente de la atmósfera, capacidad que explica su éxito para sobrevivir en hábitats limitados por nutrientes y también la vulnerabilidad de muchas especies a la contaminación atmosférica (Proctor, 2000).

Las propiedades químicas y las características ecológicas de los diferentes sustratos se consideran como los factores

más importantes que favorecen el crecimiento de los briofitos. Con la aplicación de contaminantes como pesticidas y fertilizantes a suelos agrícolas entre los que se encuentra el glifosato, estas plantas se ven afectadas presentando gran sensibilidad a estas sustancias, debido a la ausencia de cutícula y a su gran área superficial que facilita una superficie húmeda para la depositación de sustancias y el libre acceso de sustancias contaminantes a las células (Bates, 2000).

El glifosato es un herbicida de amplio espectro elaborado por la Corporación Monsanto que se utiliza para controlar cultivos no deseados de monocotiledóneas, malezas perennes de propagación vegetativa, hierbas de hoja ancha y especies leñosas sobre taludes y bordes de carreteras donde además predominan los briofitos. En esta investigación se analizó el daño ocasionado por el glifosato en tres especies de musgos y se determinó el estatus de cada una como susceptible o resistente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

Las muestras de musgos se colectaron sobre suelo en la parte superior de taludes que se encuentran en el borde de la carretera a 2 Km de la ciudad de Pamplona (Norte de Santander) vía al municipio de Toledo, a una altura de 2375 m con rumbo 285° NW de la ciudad y 33° al NE del cerro de Cristo Rey.

El material colectado se trasladó al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad de Pamplona. La identificación de los musgos se realizó siguiendo las claves taxonómicas de Churchill y Linares (1995). Cada especie de musgo se dividió en seis submuestras de 200 cm<sup>2</sup> cada una, cinco de las cuales se depositaron en bandejas separadas para realizar las aplicaciones de las diferentes concentraciones de glifosato, la muestra restante de cada especie sirvió como control.

Las bandejas se mantuvieron en el laboratorio a temperatura ambiente (17° C).

Se utilizó el herbicida sal de isopropilamina de glifosato en la fórmula comercial Candela, el cual se preparó en concentraciones del 10, 25, 50, 75 y 100%. Las 15 submuestras de musgos fueron tratadas con tres aspersiones de 250 ml de este herbicida durante los meses de marzo, abril y mayo. Dos semanas después de cada tratamiento algunas hojas colectadas al azar de cada submuestra fueron observadas al microscopio. Se consideraron los siguientes caracteres morfológicos para observar el efecto del glifosato en cada especie de musgo: presencia-ausencia de cloroplastos en células apicales y basales de las hojas, deformación de la pared celular, pérdida del contenido citoplasmático, clorosis de las hojas.

## DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

### Familia Hypnaceae

*Ectropothecium leptochaeton* (Schwägr.) W. R. Buck

Se caracteriza por ser una planta de tamaño mediano, de coloración verde amarillenta, presenta forma de crecimiento pleurocárpico, sus hojas son falcado secundas y ovado lanceoladas con ápices largo acuminados, costa corta y bifurcada, las células de la lámina se caracterizan por ser lineales y lisas. Se encuentra desde los bosques húmedos tropicales hasta los bosques alto andinos. Especie de amplia distribución en el Neotrópico, en Colombia se ha registrado en Antioquia, Caquetá, Casanare, Cauca, Chocó, Cundinamarca, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Putumayo y Valle del Cauca entre los 310 y 2800 m de altura, sobre suelo, humus y madera en descomposición.

### Familia Pottiaceae

*Syntrichia bogotensis* (Hampe) R. H. Zander  
Se caracteriza por ser una planta pequeña, en

manojos densos, de coloración verde oscura, presenta forma de crecimiento acrocárpico, los tallos son simples y poco ramificados, con hojas erectas anchamente lanceoladas, con ápices obtusos, márgenes planas, ocasionalmente reflexas hacia abajo, costa simple y fuerte, células de la lámina subcuadradas a isodiamétricas, papilosas, con paredes gruesas. Especie que se encuentra en México, Guatemala y desde Colombia hasta Bolivia. En Colombia se ha reportado en Boyacá, Cundinamarca y Nariño, entre los 2460 y 3075 m de altura, en sitios abiertos sobre suelo, rocas, raramente epifítico.

### Familia Ditrichaceae

*Chrysoblastella chilensis* (Mont.) Reimers

Son plantas de tamaño mediano, de coloración verde oscura, con costa simple, células medias y superiores de la lámina cuadradas a corto rectangulares, mamilosas, hojas estrechamente lanceoladas, ápices agudos. Crece sobre suelo, en sitios expuestos desde bosques alto andinos y el subpáramo hasta el páramo. Especie que se encuentra distribuida por la Indias Occidentales, Andes Tropicales y Nueva Zelanda. En Colombia se ha reportado en Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Meta y Nariño entre los 3000 y 3390 m de altura, sobre suelo en sitios expuestos.

## RESULTADOS

*Syntrichia bogotensis* presentó daño gradual a medida que se realizaban las aspersiones con glifosato (Fig. 1), esta planta exhibe coloración verde brillante y desde la primera aspersión las hojas cambiaron a una coloración amarillenta, se observó daño a nivel apical, las células perdieron pigmentación, además se presentó reducción del contenido citoplasmático, estos cambios se apreciaron 24 horas después de la aplicación del herbicida. El daño más severo se observó en los tratamientos con glifosato al 75% y 100%. Con la segunda aspersión las células apicales de la hoja perdieron los

cloroplastos y a medida que aumentó la concentración de glifosato se presentó pérdida de pigmentación desde la base hasta el ápice de la hoja, las paredes celulares presentaron deformaciones, ausencia de cloroplastos en la lámina foliar, tomándose las células totalmente traslúcidas. En la tercera aspersión la planta se secó completamente, sus hojas presentaron quemaduras desde el ápice hasta la base de los vástagos.

*Ectropothecium leptochaeton* presentó una respuesta similar a la especie *S. bogotensis*, esta especie se caracteriza por presentar una coloración verde y a partir de la primera aspersión y 24 horas después, las células apicales y de la parte media de la lámina tomaron coloración pardo amarillenta, se observaron espaciamentos entre las células (Fig. 2). En el tratamiento al 50% de glifosato las células basales perdieron por completo la clorofila, el citoplasma se redujo y en las concentraciones al 75 y 100% con glifosato el daño fue más evidente tomándose las células a través de la lámina totalmente traslúcidas. En la segunda aspersión, a concentraciones de glifosato de 10 y 25% el daño se observó en la parte apical de la lámina foliar, las células perdieron pigmentación. En los tratamientos al 50, 75 y 100% el daño celular fue total desde la base hasta el ápice, los cloroplastos se perdieron completamente y las células se observaron sin contenido citoplasmático. En la tercera aspersión la planta se caracterizó por presentar paredes celulares deformes, ausencia de cloroplastos y pérdida de la coloración verde de las hojas, además de quemaduras desde el ápice hasta la base de los vástagos.

*Chrysoblastella chilensis* se caracterizó por presentar resistencia a los diferentes tratamientos con glifosato (Fig. 3), sólo a partir de la tercera aspersión y concentraciones mayores al 50 % se observaron algunos efectos tales como la ausencia de cloroplastos en las células basales, las

células de la parte media y apical de la lámina presentaron agrupamientos de los cloroplastos, los cuales inicialmente se observaban dispersos en las células, la planta perdió la coloración verde oscura, en general la planta no evidenció daños permanentes como en las otras dos especies.

## DISCUSIÓN

El glifosato se aplica para controlar el crecimiento de monocotiledóneas o especies no deseables en cultivos agrícolas, para el control de cultivos ilícitos, sobre taludes y bordes de carretera donde además de esta vegetación los briofitos forman densas carpetas o tapetes compuestos principalmente de especies cosmopolitas de gran amplitud ecológica. Este herbicida se absorbe a través de la cutícula de las hojas y es transportado vía simplasto, acumulándose principalmente en hojas inmaduras, meristemos y tejidos en crecimiento, deteniendo la división celular, el crecimiento y tomando el follaje clorótico. El glifosato inhibe la 5-enolpiruvatilsiquimato-3-fosfato sintetasa, disminuyendo la concentración de los aminoácidos triptófano, tirosina y fenilalanina esenciales para la síntesis de proteínas y para el crecimiento (Ahrens, 1994).

Los resultados obtenidos en esta investigación, son similares a los presentados por Howes (1986), Kallio y Kärenlampi (1977) y Stjernquist (1981), quienes expresaron mediante sus investigaciones fisiológicas en laboratorio que algunas especies de briofitos presentan gran sensibilidad a los herbicidas, al igual que diversas especies de briofitos en condiciones naturales. Newmaster et al. (1999), indicó a partir de observaciones de campo, que la diversidad de briofitos disminuyó significativamente con los tratamientos de glifosato.

*Chrysoblastella chilensis* presenta un hábito

de crecimiento acrocárpico y se caracterizó por exhibir mayor resistencia a las aplicaciones de las concentraciones con glifosato, contrario a lo presentado en las especies *Ectropothecium leptochaeton* y *Syntrichia bogotensis*, quienes exhibieron daños notables desde las primeras aplicaciones de las concentraciones de este herbicida. Estos resultados se pueden explicar, de acuerdo a lo presentado por Rao (1982), quien determinó que los musgos ramificados y de hábito de crecimiento pleurocárpico son más eficientes en atrapar y absorber partículas contaminantes que los musgos no ramificados de hábito de crecimiento acrocárpico. También se observó disminución en el crecimiento de *E. leptochaeton* y *S. bogotensis*, sus fases esporofíticas igualmente se vieron afectadas, con destrucción de las cápsulas; en *C. chilensis* la fase esporofítica sufrió daños en los tratamientos con glifosato al 50 %, 75 % y 100 %. Skre et al. (1979) determinaron que los fertilizantes y herbicidas disminuyen el crecimiento, la tasa fotosintética y la biomasa de los briofitos, lo que explica la pérdida de cloroplastos, la decoloración celular y el color amarillento que presentaron las especies bajo estudio.

A partir de esta investigación se puede concluir que el glifosato presenta un alto potencial destructivo, ya sea por sus aplicaciones aéreas y directas, provocando la eliminación de muchas especies de briofitos en áreas de bosque. También se altera el mantenimiento de poblaciones individuales o comunidades de estas plantas, reduciendo su potencial de dispersión y regeneración, afectando así el ciclo de los nutrientes, la formación de bancos de esporas y el contenido de humedad del suelo, favoreciendo la erosión y la pérdida de esta capa de vegetación protectora, incrementando así las inundaciones en tierras bajas y valles colindantes, además de la alteración en las interacciones biológicas de estas plantas con microorganismos como hongos, nemátodos, rotíferos, protozoos y gastrópodos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahrens, W. H. 1994. *Herbicide handbook*. Weed Science Society of America, Champaign, Ill.
- Bates, J.W. 2000. Mineral nutrition , substratum ecology and pollution. En: *Bryophyte Biology*, ed by A. J. Shaw y B. Goffinet, Cambridge University press, United Kingdom. Pp. 248-311.
- Brown, D. H. 1982. Mineral Nutrition. En: *Bryophyte ecology*, ed. by A. J. E. Smith. Chapman & Hall, London. Pp. 383- 444.
- Churchill, S. P. y E. L. Linares. 1995. *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis, Introducción a la flora de musgos de Colombia*. Biblioteca "José Jerónimo Triana" No. 12. Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Editora Guadalupe Ltda. 924 pp.
- Churchill, S. P. 1991. The floristic composition and elevational distribution of Colombian mosses. *The Bryologist* 94: 157-167.
- Delgadillo, M. C. y M. A. Cárdenas. 1990. *Manual de Briofitas*. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Farmer, A. M., Bates, J. W., Nigel, F., and Bell, J.N.B.1992. Ecophysiological effects of acid rain on bryophytes and lichens. In *Bryophytes and lichens in a changing environment*, ed. by J. W. Bates and A. M. Farmer. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom. Pp. 284-313.
- Gradstein, S. R and T. Pócs. 1989. Bryophytes. En: *Tropical Rain Forest Ecosystems. Ecosystems of the World 14B*. H. Lieth & M. J. A. Werger (eds), Amsterdam. Pp. 311-325.
- Howes, S. 1986. The effects of the herbicide dichlorophen on the physiology of the lichens: *Peltigera horizontalis* and *Cladonia portentosa*. Unpublished B.Sc. thesis, University of Bristol, Bristol, U. K.
- Kallio, S., and Kärenlampi, R. E.1977. The effects of some herbicides on nitrogenase activity and carbon fixation in two subarctic lichens. *Bot. Gaz.* 138: 468-473.
- Newmaster, S. G., F. W. Bell y D. H. Vitt. 1999. The effects of glyphosate and triclopyr on common bryophytes and lichens in northwestern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 1101-1111.
- Proctor, M.C.F. 2000. Physiological ecology. En: *Bryophyte Biology*, ed. J. Shaw and B. Goffinet, Cambridge University Press, United Kingdom. Pp. 225-247.
- Rao, D. N. 1982. Responses of bryophytes to air pollution. En: *Bryophyte ecology*, ed. by A. J. E. Smith. Chapman & Hall, London. Pp. 445-472.
- Skre, O. & Oechel, W.C. 1979. Moss production in a black spruce *Picea mariana* forest with permafrost near Fairbanks, Alaska, as compared with two permafrost-free stands. *Holarctic Ecology*, 2: 249-254.
- Stjernquist, I. 1981. Photosynthesis, growth and competitive ability of some coniferous forest mosses and the influence of herbicides and heavy metals (Cu, Zn). Unpublished B.Sc. thesis, University of Lund, Lund, Sweden.

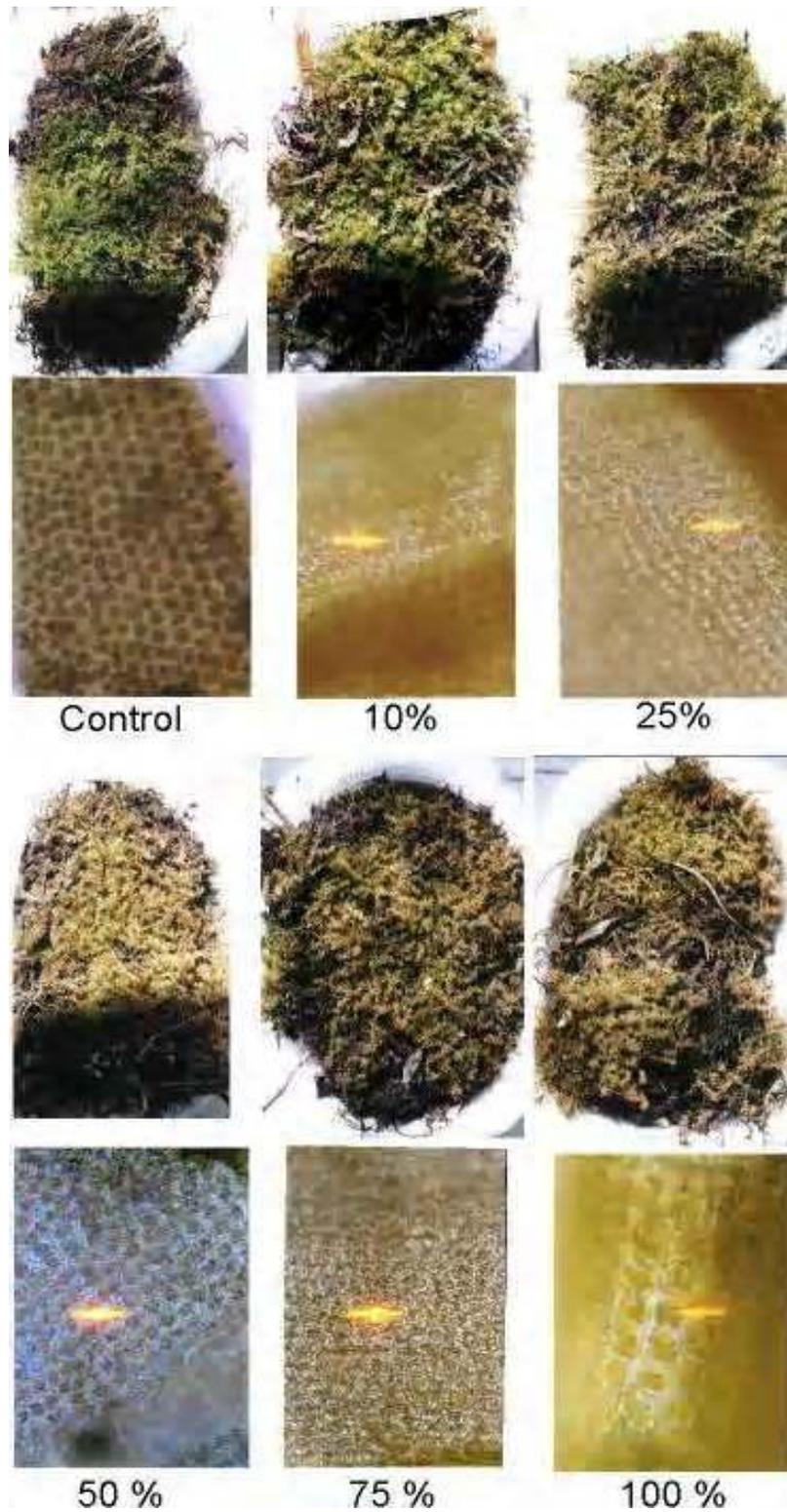


Figura 1. Efectos macroscópicos y celulares del glifosato sobre *Syntrichia bogotensis*. Obsérvese clorosis progresiva en las células de la lámina media. Microscopio óptico.

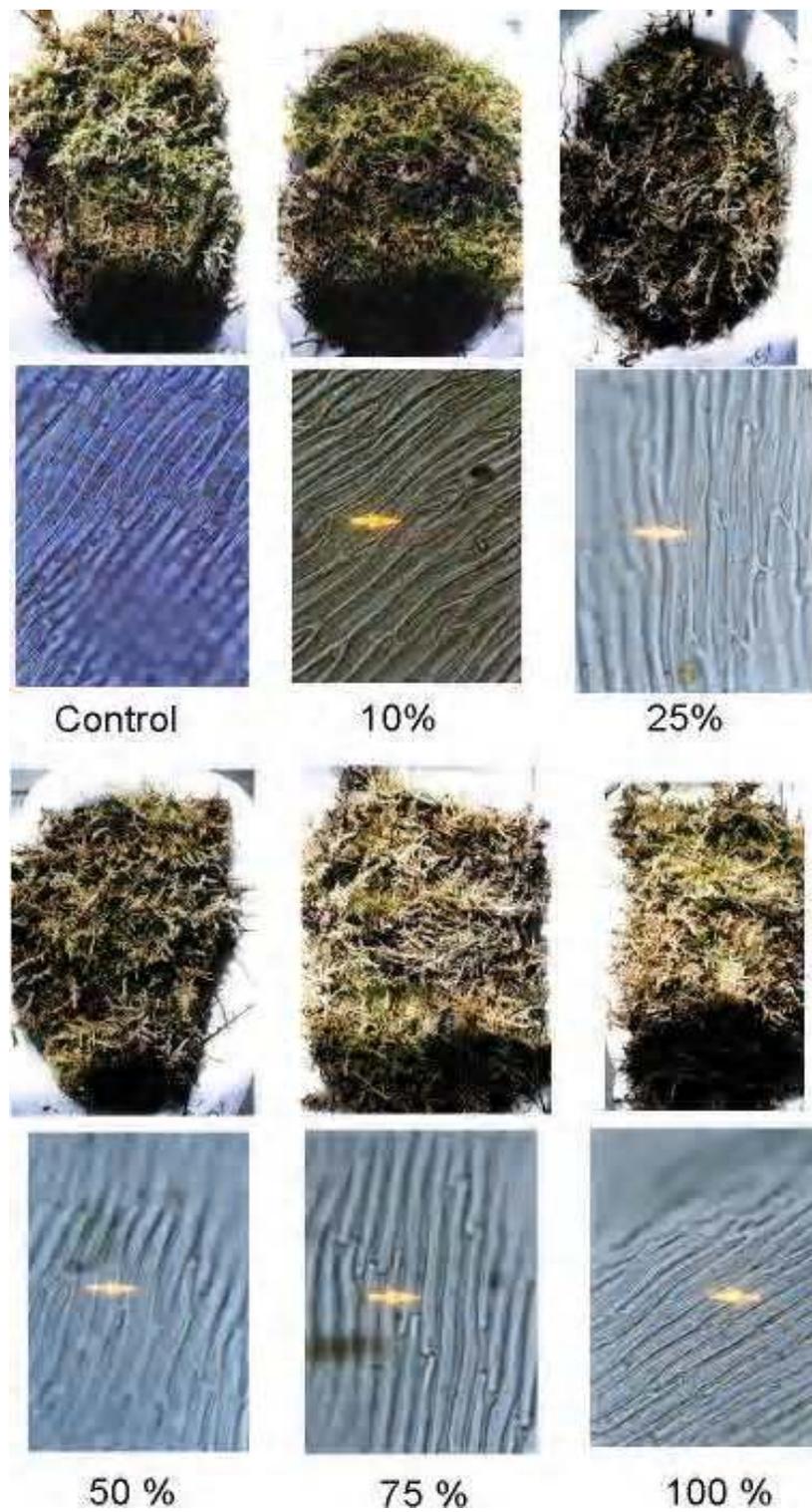


Figura 2. Efectos macroscópicos y celulares del glifosato sobre *Ectropothecium leptochaeton*. Obsérvase clorosis progresiva en las células de la lámina media. Microscopio óptico.



Figura 3. Efectos macroscópicos y celulares del glifosato sobre *Chrysoblastella chilensis*.  
Obsérvase clorosis progresiva en las células de la lámina media a partir de concentraciones de 50 %. Microscopio óptico.