

Las comunidades fitoplanctónicas de cuerpos de agua de turberas de Tierra del Fuego

Gabriela González Garraza

Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental-Universidad de Gral. San Martín, CONICET.

E-mail: aleirbag374@gmail.com

RESUMEN: Las turberas tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua dulce y constituyen así reservorios fundamentales para regulación de la cuenca hídrica. Los cuerpos de agua existentes en ellas se caracterizan por su gran acidez, baja conductividad y elevadas concentraciones de ácidos húmicos. Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar las comunidades fitoplanctónicas de cinco cuerpos de agua de una turbera protegida (Rancho Hambre, Tierra del Fuego), tres de ellos grandes y profundos (RH1, RH2, RH4) y dos someros (RH3 y RH5) y estudiar su relación con los factores hidrológicos y fisico-químicos. En el marco de un estudio limnológico integral en esta turbera entre octubre 2008 y abril 2010 se realizaron ocho muestreos cuali-cuantitativos de las comunidades fitoplanctónicas de cada cuerpo de agua y se midieron las principales variables morfométricas (superficie, largo y ancho máximo y profundidad máxima), limnológicas (temperatura, pH, conductividad y nutrientes) e hidrológicas (nivel hidrométrico). La comunidad fitoplanctónica de los cuerpos de agua estudiados fue muy rica en especies (305 taxones) con una similitud (índice de Jaccard) en composición específica más baja a la esperada para sistemas tan cercanos indicando que la flora fitoplanctónica fue característica en cada sistema. Las estrategias morfo-funcionales del fitoplancton que domina en estos sistemas con bajas concentraciones de nutrientes disueltos, fueron los organismos de menor tamaño y con presencia de flagelos (picofitoplancton eucariota y pequeñas Chrysophyceae flageladas). El pH explicó las variaciones espaciales de la riqueza específica mientras que la temperatura explicó las variaciones temporales de la abundancia y diversidad. Los resultados obtenidos aquí aportarán información de base necesaria sobre la biodiversidad y el funcionamiento de turberas propuesto por la Convención de Ramsar como una de las medidas urgentes y prioritarias para garantizar el uso racional y la conservación de estos frágiles humedales fueguinos.

INTRODUCCION

Los turbales son humedales de importancia global con una distribución altamente heterogénea ubicándose la mayoría en el hemisferio norte, y sólo un 4% en América del Sur (Parish et al., 2008). Estos ecosistemas constituyen más del 50% de los humedales del mundo (Iturraspe, 2010) cubriendo una superficie equivalente al 3% del planeta (Joosten y Clarke, 2002). Este humedal, dominado por musgos (plantas hidrófilas), se desarrolla en zonas donde hay disponibilidad de humedad permanente y se caracteriza por su capacidad de acumular materia orgánica muerta en forma de turba bajo condiciones de anegamiento permanente y acidez (Roig y Roig, 2004).

Los turbales son ecosistemas que tienen la capacidad de acumular y almacenar turba. El término “turbera” es usado para extensiones donde la turba está siendo producida y acumulada (Roig y Roig, 2004). Las turberas

se pueden diferenciar en minerotróficas y ombrotólicas en base a sus componentes botánicos, origen y cantidad de nutrientes, hidrología y topografía. Las turberas minerotróficas generalmente se sitúan en depresiones con superficies planas o cóncavas, con aportes de agua subterránea y superficial, ricas en nutrientes y de moderada acidez. En cambio, las ombrotólicas se encuentran en su mayoría sobre elevadas respecto del terreno circundante formando domos. Su alimentación proviene exclusivamente de agua de lluvia, son pobres en nutrientes y de elevada acidez (Roig y Roig, 2004; Iturraspe, 2010).

El 95% de los turbales en la Argentina se encuentran en el sur de la provincia de Tierra de Fuego (Rabassa *et al.*, 1996). Rancho Hambre es una turbera ombrotófica elevada en forma de domo (Roig 2004), localizada en el valle de Tierra Mayor, a 50 km de la ciudad de Ushuaia. La vegetación está ampliamente dominada por el musgo *Sphagnum magellanicum*. En el primer estudio limnológico de los cuerpos de agua de Rancho Hambre, Mataloni y Tell (1996) encontraron que las características morfométricas y la conductividad explicaron las diferencias en la composición de la comunidad fitoplanctónica, mientras que los factores químicos influyeron fuertemente en las frecuencias relativas de algunos grupos taxonómicos.

Las turberas juegan un papel importante en cuanto al mantenimiento de la calidad del agua y de la integridad hidrológica del humedal (Iturraspe, 2010). La principal amenaza que afecta a estos ecosistemas es la extracción de turba para su comercialización, o bien la práctica de drenajes con el fin de cambiar el uso de la tierra. En los últimos años, la provincia de Tierra del Fuego cuenta con áreas de turberas protegidas. En 2001 declaró al Valle de Tierra Mayor como Reserva Natural Paisajística y en el 2009 el Glaciar Vincigüerra y turberas asociadas fue declarado como sitio Ramsar. Recientemente, el Gobierno provincial impulsó el desarrollo de un Ordenamiento Territorial de las turberas basado en aspectos ecosistémicos, sociales y económicos. Este ordenamiento determinó un área específica para la extracción de turba, situado en la zona central de la isla y que excluye de tales fines a las turberas del resto del territorio provincial.

La secretaría de la Convención de Ramsar (2010) reconoció que las turberas son algunos de los ecosistemas de humedales más vulnerables y amenazados por la pérdida y degradación de hábitats y por consiguiente necesitan acciones urgentes y prioritarias para garantizar su conservación y uso racional, que incluye un inventario de biodiversidad y de otras funciones que cumplen las turberas locales; así como el desarrollo de conocimientos básicos para monitorear su comportamiento y alteraciones. En este sentido, los objetivos de este trabajo fueron caracterizar las comunidades fitoplanctónicas de cinco cuerpos de agua de la turbera de Rancho Hambre (Tierra del Fuego) y estudiar su relación con los factores hidrológicos y físico-químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una gran proporción de la superficie de la turbera de Rancho Hambre está cubierta por cuerpos de agua. Cinco de ellos, localizados a lo largo de la sección transversal de la turbera y de diferentes características morfométricas fueron seleccionados para este estudio (Figura 1, Tabla 1).

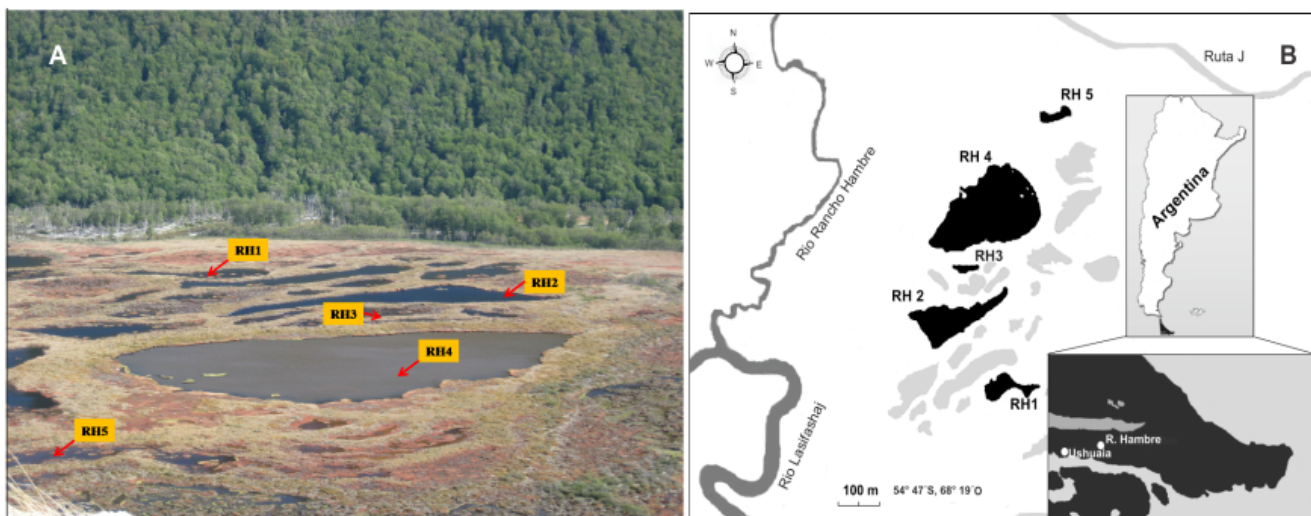


Figura 1. a- Vista general y b- mapa de la turbera de Rancho Hambre indicando los cuerpos de agua estudiados.

RH1, RH2 y RH4 son cuerpos de agua de mayor tamaño y profundidad –dentro de los cuales RH4 es el de mayor superficie-, mientras que RH3 y RH5 son sistemas someros (Tabla 1).

Tabla 1. Características morfométricas y posición geográfica de cada cuerpo de agua. IDLC: índice de desarrollo de línea de costa.

Cuerpo de Agua	RH 1	RH 2	RH 3	RH 4	RH 5
Latitud (S)	54° 44' 52,87"	54° 44' 48,61"	54° 44' 46,75"	54° 44' 41,51"	54° 44' 39,35"
Longitud (O)	67° 49' 29,44"	67° 49' 31,66"	67° 49' 32,21"	67° 49' 31,69"	67° 49' 26,70"
Long. máx. efect. (m)	81,9	162,9	50,7	195,7	34,5
Ancho máx. efect. (m)	28,5	66,2	10,5	122,9	12,7
Prof. máx. (cm)	114	162	35	150	35
Perímetro (m)	238	445	115	555	162
Área (m ²)	1824	5976	137	16190	542
IDLC	1,6	1,6	2,1	1,2	2,0

Los cuerpos de agua se muestrearon en ocho ocasiones durante el período de aguas libres de hielo (Octubre-Abril) entre Octubre 2008 y Abril 2010. En cada uno se seleccionaron desde uno a cuatro puntos de muestreo dependiendo de su tamaño (orilla: sur y norte, centro: superficie y fondo).

La posición geográfica, las características morfométricas (largo máximo efectivo, ancho máximo efectivo, perímetro, área y desarrollo de línea de costa), los niveles hidrométricos y el coeficiente de variación de este último parámetro se determinaron según la descripción de González Garraza et al. (2012).

En cada fecha de muestreo se midió *in situ*, la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto (OD) con una sonda multiparamétrica (Horiba, Japón). Las concentraciones de fosfatos (P-PO₄), fósforo total (PT), amonio (N-NH₄), nitratos (N-NO₃) y nitrógeno total (NT) fueron determinadas según la descripción de

González Garraza et al. (2012). El nitrógeno inorgánico disuelto (NID) se calculó como la suma entre el amonio y el nitrato. La concentración de clorofila *a* fitoplanctónica se estimó siguiendo la descripción de González Garraza (2012).

Los recuentos de picofitoplancton (algas <2 µm de tamaño) se realizaron mediante microscopio óptico para epifluorescencia con un aumento de 1000×. Los organismos se identificaron por su autofluorescencia dado por los pigmentos fotosintéticos ante la excitación con luz azul y verde (Callieri y Pinolini 1995).

La identificación taxonómica de los distintos ejemplares del fitoplancton de mayor tamaño (algas >2 µm) se realizó a partir de muestras vivas y fijadas bajo microscopio óptico con un aumento de 1000× y utilizando una gran cantidad de bibliografía. Los recuentos se realizaron bajo microscopio invertido con un aumento de 400× siguiendo la técnica de Utermöhl (1958).

Análisis de datos

Para los parámetros físico-químicos y el picofitoplancton de cada cuerpo de agua profundo se realizó un MANOVA en bloques completamente aleatorizados considerando las fechas de muestreo como bloques y los puntos de muestreo en cada cuerpo de agua como factores fijos utilizando el modelo III de bloques aleatorizados sin réplicas. Para el resto de las comunidades planctónicas en cada cuerpo de agua y fecha de muestreo se realizó un análisis de varianza de un factor (Zar 2010). Se calcularon los valores promedios por cuerpo de agua y fecha de muestreo debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los puntos de muestreo de cada cuerpo de agua.

Para determinar la similitud en “pool especies”, término que se refiere al total de especies registradas en cada sistema durante todo el estudio, entre los cuerpos de agua se calculó el índice de similitud de Jaccard basado en la matriz de presencia-ausencia de especies.

Para determinar qué factores abióticos influyen sobre los descriptores de la comunidad fitoplanctónica se realizaron regresiones lineales.

RESULTADOS

Observaciones de campo mostraron que cada uno de los cuerpos de agua presenta su propia cuenca de aporte, las cuales están delimitadas topográficamente por sectores elevados de turba que soportan vegetación arbustiva (renovales de *Nothofagus* sp.). Por otra parte, dentro de los cuerpos de agua más grandes, RH1 y RH4 presentan entradas y/o salidas superficiales de agua, mientras que RH2 está aislado hidrológicamente.

Los niveles hidrométricos de los cinco cuerpos de agua se muestran en la Figura 2. RH2 mostró el nivel hidrométrico más variable (CV= 29%) debido su aislamiento hidrológico, mientras que el cuerpo de agua de mayor superficie y conectado hidrológicamente fue el más estable, mostrando el más bajo CV (7%). A partir

de la Figura 2-f, se observó que los niveles hidrométricos de los cinco sistemas en ningún momento se superponen indicando que no hay evidencia de interconexiones entre los cuerpos de agua estudiados.

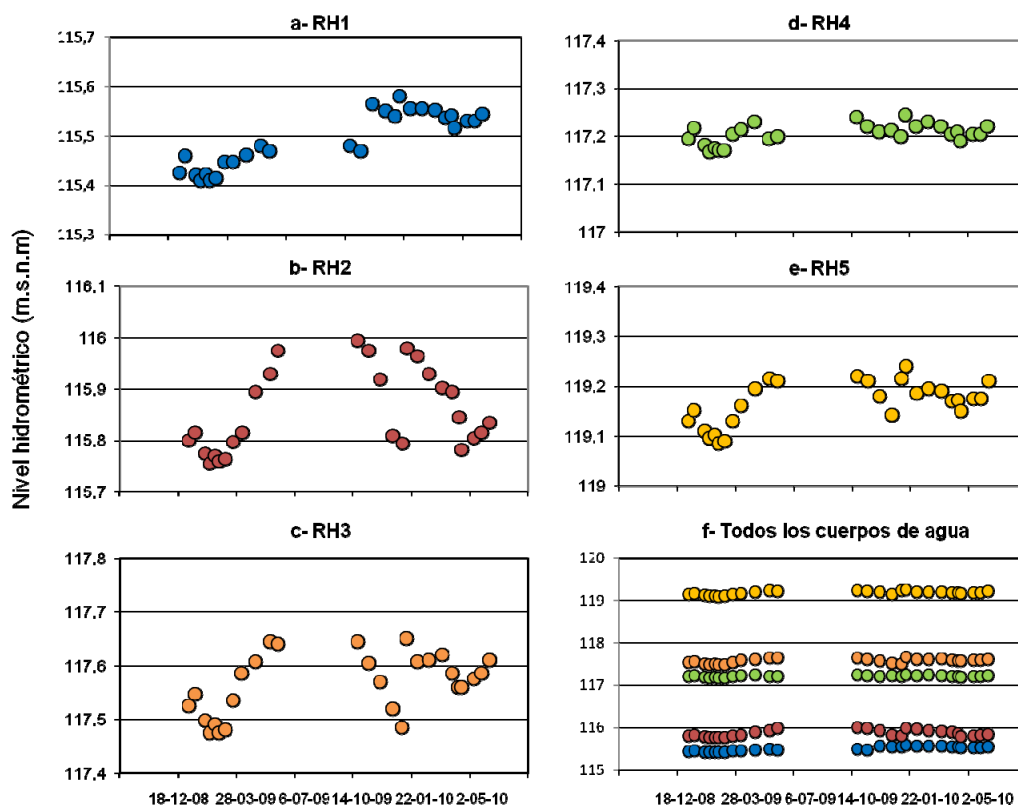


Figura 2. a- e Variación temporal del nivel hidrométrico de cada cuerpo de agua. f: variación temporal del nivel hidrométrico de todos los sistemas estudiados.

En la Tabla 2 se resumen las características físico-químicas de los cinco cuerpos de agua estudiados.

La temperatura osciló entre 1,1 y 25°C (Tabla 2) mostrando su máximo rango de variación en los sistemas someros (RH3 y RH5). A su vez, estos ambientes mostraron altos valores promedio y amplios rangos de variación para la conductividad. El pH mostró un comportamiento estable a lo largo del tiempo, pero separó a los cuerpos de agua en dos grupos diferentes: RH1 y RH4 (pH promedio= 6,0), por un lado, y RH2, RH3 y RH5 (pH promedio= 4,5) por el otro. Los cinco cuerpos de agua estudiados mostraron siempre altos valores de oxígeno disuelto (rango de variación= 7,6 y 14,4 mg L⁻¹).

Con respecto a los nutrientes, en general los valores de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) y los del fosfato fueron bajos. El NID representó una muy pequeña fracción nitrógeno total mientras que los fosfatos estuvieron dentro del mismo orden de magnitud que el fósforo total.

El picofitoplancton (algas < 2 μm de tamaño) estuvo compuesto exclusivamente por organismos eucariotas, distinguiéndose dos morfos, uno de ellos característico de los sistemas someros y otro de los profundos (Figura 3).

Tabla 2. Características físico-químicas en cada cuerpo de agua. Se calcularon los valores promedios y se indican los mínimos y máximos del rango de variación entre paréntesis. Cond: conductividad, OD: oxígeno disuelto, NID: nitrógeno inorgánico disuelto, NT: nitrógeno total, PT: fósforo total.

	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	8,8 (2,2 - 17,3)	8,6 (1,1 - 17,0)	11,8 (3,2 - 25,0)	8,5 (2,4 - 15,0)	10,6 (1,7 - 20,0)
pH	5,7 (5,0 - 7,1)	4,5 (3,8 - 5,5)	4,5 (3,6 - 5,4)	6,3 (5,8 - 7,0)	4,6 (4,1 - 5,4)
Cond ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	23,6 (13,6 - 50,0)	22,8 (8,7 - 40,0)	33,1 (10,0 - 82,0)	29,8 (16,0 - 50,0)	25,6 (5,5 - 50,0)
OD (mg L^{-1})	10,5 (8,2 - 14,0)	11,3 (7,6 - 14,4)	10,4 (8,7 - 12,9)	10,6 (7,6 - 12,2)	9,9 (8,6 - 11,5)
NID ($\mu\text{g L}^{-1}$)	46 (7 - 102)	53 (7 - 239)	55 (10 - 103)	44 (19 - 107)	36 (0 - 73)
NT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	5317 (1430 - 10100)	6293 (1980 - 12870)	7305 (1980 - 11330)	6859 (1073 - 26000)	9479 (3410 - 30000)
P-PO_4 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	62 (27 - 93)	58 (23 - 157)	61 (30 - 130)	34 (10 - 50)	31 (20 - 50)
PT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	206 (113 - 477)	172 (92 - 330)	169 (90 - 308)	164 (88 - 290)	195 (77 - 420)

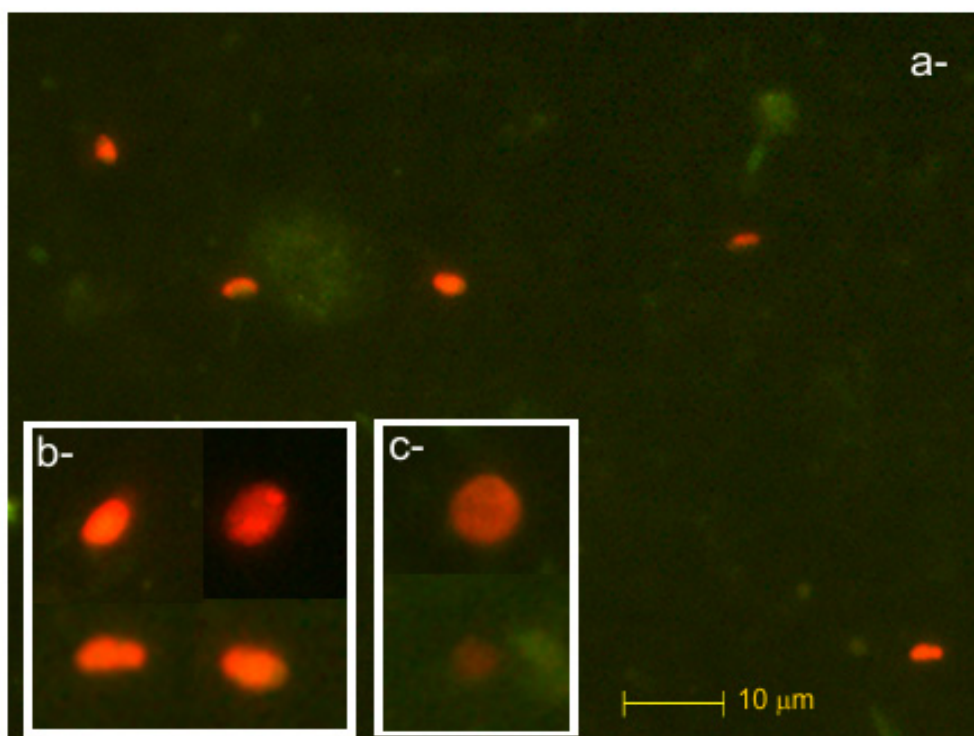


Figura 3. El picofitoplancton de los cuerpos de agua de la turbera de Rancho Hambre. a- Picofitoplancton en el cuerpo de agua RH2; morfos presentes en los cuerpos de agua b- profundos y c- someros

La abundancia del picofitoplancton osciló entre $9,2 \cdot 10^2$ y $1,9 \cdot 10^5$ células mL^{-1} y mostró sus máximos valores en el cuerpo de agua RH2 (Tabla 3).

Tabla 3. Principales descriptores de la comunidad fitoplanctónica en cada cuerpo de agua. Se muestran los valores promedios y el rango de variación durante el estudio.

	RH1	RH2	RH3	RH4	RH5
Abundancia algas <2µm (células mL^{-1})	$3,3 \cdot 10^3$ ($1,1 \cdot 10^3 - 8,7 \cdot 10^3$)	$5,6 \cdot 10^3$ ($1,1 \cdot 10^3 - 1,9 \cdot 10^5$)	$4,2 \cdot 10^3$ ($9,2 \cdot 10^2 - 7,9 \cdot 10^3$)	$9,3 \cdot 10^3$ ($2,1 \cdot 10^3 - 3,4 \cdot 10^4$)	$3,7 \cdot 10^3$ ($9,2 \cdot 10^2 - 1,1 \cdot 10^4$)
Abundancia algas >2µm (Ind mL^{-1})	$7,6 \cdot 10^3$ ($2,9 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^4$)	$4,9 \cdot 10^3$ ($3,0 \cdot 10^3 - 7,6 \cdot 10^3$)	$1,4 \cdot 10^4$ ($3,4 \cdot 10^3 - 4,0 \cdot 10^4$)	$6,8 \cdot 10^3$ ($2,2 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^4$)	$1,1 \cdot 10^4$ ($2,1 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^4$)
Clorofila <i>a</i> (mg L^{-1})	0,86 (0,39-1,19)	0,68 (0,23-1,26)	1,35 (0-2,18)	2,31 (1,03-4,71)	1,38 (0,17-3,48)
Diversidad (Índice Shannon)	1,46 (0,98-1,99)	1,53 (1,20-2,11)	1,21 (0,45-1,84)	1,45 (0,30-1,78)	1,27 (0,40-1,99)

A partir del estudio taxonómico detallado de las algas de mayor tamaño de los cinco cuerpos de agua estudiados a lo largo de ocho campañas de muestreo se registraron 305 especies entre las cuales predominaron las clases taxonómicas Zygnematophyceae (Desmidiaceae) (33%), Chlorophyceae (22%) y Bacillariophyceae (20%). La mayor riqueza de especies se registró en los ambientes ligeramente ácidos y conectados hidrológicamente (RH1 y RH4). Contrariamente, los sistemas más ácidos (RH2, RH3 y RH5) fueron menos ricos en especies, particularmente los más pequeños (Figura 4).

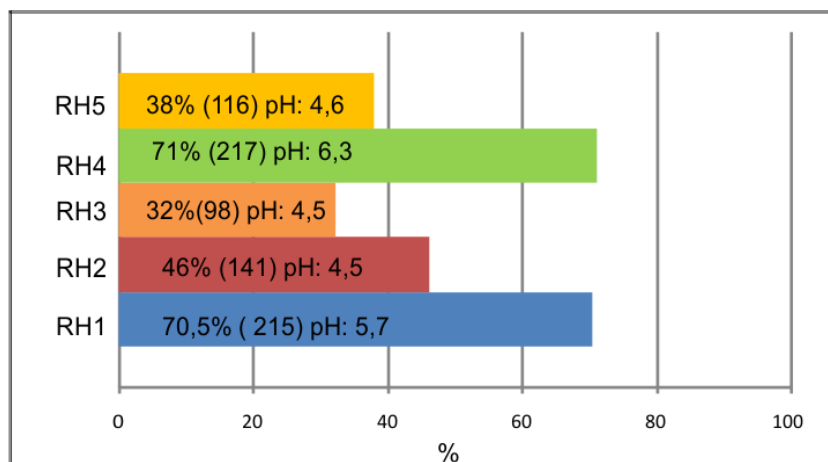


Figura 4. Porcentajes relativos de la riqueza en cada cuerpo de agua respecto al total de especies relevadas en la turbera de Rancho Hambre.

A partir del total de especies registradas durante todo el estudio en cada cuerpo de agua, lo que denominamos “pool de especies”, se calculó el índice de similitud de Jaccard para todas las combinaciones posibles de cuerpos de agua. La similitud en “pool de especies” en los cinco cuerpos de agua varió entre 0,31 y 0,54, observándose los mayores índices de similitud entre RH1 y RH4 por un lado y en los ambientes someros (RH3 y RH5) por el otro. A pesar de esto, en general los índices registrados fueron más bajos que los esperados para sistemas tan cercanos, indicando una flora fitoplanctónica característica en cada sistema.

Por su parte, la abundancia de las algas $>2\mu\text{m}$ (nano- y microfitoplancton) varió entre $2,1 \cdot 10^3$ y $4,0 \cdot 10^4$ individuos mL^{-1} . Los valores de abundancia promedio en los cuerpos de agua profundos (RH1, RH2 y RH4) variaron dentro del mismo orden de magnitud ($4,9 \cdot 10^3$ - $7,6 \cdot 10^3$ individuos mL^{-1}) mientras que los sistemas someros superaron a éstos en un orden de magnitud ($1,1 \cdot 10^4$ - $1,4 \cdot 10^4$ individuos mL^{-1}). Las especies más abundantes fueron las pequeñas Chrysophyceae flageladas (cf. *Ochromonas* spp.). La abundancia de nano- y microfitoplancton varió estacionalmente y como consecuencia estuvo correlacionada con la temperatura ($r=0,52$ $p=0,01$). A su vez, este último parámetro se correlacionó negativamente con la diversidad (índice de Shannon-Weaver) ($r= -0,502$ $p=0,01$) y la equitatividad ($r= -0,504$ $p=0,01$), asociado con la dominancia de algunas pocas especies. Por su parte, el pH explicó las variaciones de la riqueza específica a través de una regresión lineal significativa ($\beta=16,39$ $R^2= 0,43$ $p< 0,0001$ respectivamente).

PRINCIPALES CONCLUSIONES

Este trabajo fue parte de mi Tesis Doctoral, la cual constituyó la primera caracterización a lo largo de un período de dos años de cuerpos de agua de turberas, de la estructura y dinámica de sus comunidades fitoplanctónicas y de su relación con los factores ambientales. Algunas de las principales conclusiones obtenidas a partir de estos resultados fueron que:

- En los cuerpos de agua estudiados, la similitud entre pool de especies es más baja a la esperada para sistemas tan cercanos. A su vez, los cuerpos de agua con características similares mostraron composiciones florísticas similares, indicando que la diversidad limnológica es fundamental para la biodiversidad de las comunidades planctónicas de los sistemas acuáticos de turberas.
- A pesar de las diferencias en composición de especies entre los cuerpos de agua estudiados, en general la estrategia morfo-funcional dominante del fitoplancton en ambientes acuáticos con bajas concentraciones de nutrientes disueltos son los organismos de menor tamaño y con presencia de flagelos (picofitoplancton eucariota y pequeñas Chrysophyceae flageladas).
- El pH y la temperatura fueron los factores abióticos más relevantes que modularon las variaciones espaciales y temporales, respectivamente, de los descriptores de la comunidad fitoplanctónica (pH: riqueza específica, temperatura: abundancia y diversidad).

Agradecimientos. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, PICT 1697; CONICET; Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente- Dirección de Recursos Hídricos- Provincia de Tierra del Fuego.

REFERENCIAS

- Callieri, C. y Pinolini, M.L., 1995. Picoplankton in Lake Maggiore, Italy. *International Revue der gesamten Hydrobiologie* 80: 491-501.
- González Garraza, G., 2012. Fracciones de tamaño del fitoplancton de las lagunas de la turbera de Rancho Hambre (Tierra del Fuego): caracterización y relación con los factores bióticos y abióticos. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires, 158 pp.
- González Garraza, G., Mataloni, G., Iturraspe, R., Lombardo, R., Camargo, S. y Quiroga, M.V., 2012. The limnological carácter of bog pools in the relation to meteorological and hydrological features. *Mires and Peat* 10: 1-14.
- Iturraspe, R., 2010. Las turberas de Tierra del Fuego y el cambio climático global. Fundación Humedales/Wetlands International, Buenos Aires, Argentina, 26 p.
- Joosten, H y Clarke, D., 2002. Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decisión-marking. International Mire Conservation Group and International Peat Society, Finland, 304 p.
- Mataloni, G. y Tell, G., 1996. Comparative analysis of the phytoplankton communities of Rancho Hambre peat bog (Tierra del Fuego, Argentina). *Hydrobiologia* 325: 101-112.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minaeva, T. y Silvius, M. (eds), 2008. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International Wageningen, 179 p.

- Rabassa, J., Coronato, A. y Roig, C., 1996. The peat-bogs of Tierra del Fuego, Argentina. En: Lappalainen, E., (ed) Global Peat Resources, International Peat Society Publisher, Jyskä, Finland, 261-266.
- Roig, C., 2004. Antecedentes sobre turberas en Tierra del Fuego. En: Blanco, D.E. y de la Balze, V.M., (eds) Los turbales de la Patagonia, bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad, Fundación Humedales /Wetlands International, Buenos Aires, Argentina, 33-44.
- Roig, C. y Roig, F.A., 2004. Consideraciones generales. En: Blanco, D.E. y de la Balze, V.M., (eds) Los turbales de la Patagonia, bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad, Fundación Humedales /Wetlands International, Buenos Aires, Argentina, 5-21.
- Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010. Uso racional de los humedales: conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ta. Edición, vol. 1. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angrew. Limnol. 9: 1-38.
- Zar, J.H. 2010. Biostatistical Analysis. 5th edition, Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 944.