

## 79. Calidad de agua en ríos asociados a uso silvopastoril de ñire en Patagonia Sur, Argentina.

Bahamonde H.<sup>1,2</sup>, Peri P.L.<sup>1,2,3</sup>

### Resumen

Teniendo en cuenta que una parte importante de los bosques de *Nothofagus antártica* (ñire) está asociada a cursos de agua, y mayoritariamente tiene un uso ganadero, el objetivo del presente trabajo fue evaluar si el uso silvopastoril de los bosques de ñire en Santa Cruz tiene incidencia sobre parámetros que determinan la calidad del agua de ríos circundantes. Se realizaron 6 muestreos (repeticiones) (3 con uso ganadero y 3 testigos sin uso) en cada uno de tres cursos de agua asociados a tres rodales de ñire bajo uso silvopastoril en la Provincia de Santa Cruz. Se analizó: fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y presencia de *Escherichia coli*. Los sólidos suspendidos y nitratos fueron los parámetros que al menos en uno de los sitios muestreados fueron mayores en los lugares con uso ganadero. Por otro lado, hubo parámetros como DBO, y bacterias coliformes totales que no se diferenciaron entre usos, pero en algunos sitios superaron los límites permitidos. Asimismo la presencia de *Escherichia coli* en dos de los sitios evaluados indica contaminación de los mismos. Con los datos obtenidos sugieren que el uso silvopastoril extensivo de los bosques de ñire, en los sitios evaluados, afecta la calidad de agua de cursos asociados a la actividad ganadera, sin que sea esta la causa exclusiva tales efectos.

**Palabras clave:** Uso animal, recursos hídricos, *Nothofagus*, contaminación.

## Water quality in rivers associated to silvopastoral use of ñire in Southern Patagonia, Argentina.

### Abstract

Considering that an important area of the *Nothofagus antártica* (ñire) is associated to rivers, the use of these forests with cattle and sheep could have negative effects on water quality. The objective of this study was to evaluate the impact of silvopastoral use in ñire forests on water quality parameters of surrounding rivers. Six sample points (3 under grazing use and 3 controls with no animals) in three rivers associated with ñire forests under silvopastoral use in Santa Cruz province have been evaluated. The follow analyses were done to the samples: phosphates, nitrates, suspended solids, biochemical oxygen demand (BOD), total coliform, fecal coliform and presence of *Escherichia coli*. Suspended solids and nitrates showed higher values in the places under grazing, at least in one of the sampled rivers. On the other hand, there were parameters as BOD and total coliform with no differences between uses, but in some sites the values exceeded the limit indicated by quality standards. The presence of *Escherichia coli* in two of the evaluated sites indicates contamination of these sites. According to the obtained data is possible suggest that extensive silvopastoral use of ñire forests, in the evaluated sites, affect the water quality of rivers associated with livestock, but is not the exclusive cause of poor water quality.

**Keywords:** Animal use, water resources, *Nothofagus*, pollution.

<sup>1</sup>INTA EEA Santa Cruz, cc 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz. habahamonde@correo.inta.gov.ar, <sup>2</sup>Universidad Nacional de la Patagonia Austral, <sup>3</sup>CONICET.

## Introducción

En la actualidad se sabe que uno de los servicios ambientales más importantes que prestan los ambientes boscosos es su efecto positivo sobre la calidad del agua de sus cuerpos o cursos hídricos circundantes (FAO, 2008). En la Provincia de Santa Cruz existen 335.450 ha de bosque nativo de los cuales unas 99.000 ha corresponden a *Nothofagus antarctica* (ñire) (Peri, 2004) cuyo principal uso es silvopastoril con ganado bovino, ovino y mixto. Considerando que una parte importante de estos bosques está asociada a cursos de agua, el uso de los mismos con actividad ganadera podría tener efectos negativos sobre la calidad del agua. En este sentido, existen antecedentes de efectos del ganado como (i) aumento de la escorrentía superficial por compactación del suelo debido a altas cargas animales lo cual genera una mayor deposición de material orgánico sobre los cauces (Lowrance *et al.*, 2002); (ii) aumento de N y P por deyecciones animales (heces y orina) ya sea por lavado o deposiciones directas cuando los animales beben en los cursos de agua (Zaimes y Schultz, 2002). Asimismo, este tipo de modificación

en los cursos de agua tendría incidencia en la calidad de agua potable (humana y animal), así como también sobre la biota acuática que habita estos ambientes (Harding y Winterbourn, 1995). En Patagonia existen algunos antecedentes que estudiaron el efecto del cambio de uso de suelo sobre macroinvertebrados o materia orgánica en cursos de agua (Masi y Miserendino, 2009; Miserendino, 2009), impactos urbanos sobre calidad de agua y comunidades bentónicas (Miserendino *et al.*, 2008). Sin embargo, en la Provincia de Santa Cruz no existen antecedentes que midan el efecto de la ganadería bajo uso silvopastoril en bosques de ñire sobre la calidad de agua en ríos asociados. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar si el uso silvopastoril de los bosques de ñire en Santa Cruz tiene incidencia sobre algunos parámetros que determinan la calidad del agua de ríos circundantes. Este objetivo se originó principalmente al preguntarnos si el uso actual de la ganadería extensiva en ambientes boscosos en el sur de Patagonia garantiza el valor del agua potable.

## Materiales y Métodos

Se realizaron muestreos en cursos de agua asociados a tres sitios con bosques de ñire bajo uso silvopastoril en la provincia de Santa Cruz:

a) Estancia Cancha Carrera (51°13'21"S, 72°15'34"O), cuyo bosque de ñire asociado al curso de agua muestreado ocupa una superficie de 300 ha, el cual fue usado por ganado ovino con una carga promedio anual de 1 EOP\* ha<sup>-1</sup>.

b) Estancia Stag River (51°38'22"S, 71°59'40"O), cuya superficie de ñire también fue de aproximadamente 300 ha, usadas con ganado ovino, bovino y equino con una carga promedio anual de 0,6 EOP ha<sup>-1</sup>

c) Estancia Santa Bárbara (51°36'04"S, 72°10'50"O), con un área ocupada por bosque de ñire de 2200 ha y una carga promedio anual de 1,2 EOP ha<sup>-1</sup> de ganado ovino y bovino.

En cada curso de agua se realizaron 6 muestreos (3 repeticiones de cada situación), 3 en un sector aguas arriba del bosque de ñire donde no había ganado con acceso al agua, el cual representa una situación testigo sin el efecto de los animales; y 3 puntos directamente afectados por la ganadería, en los cuales los anima-

les tenían acceso directo a estos cursos de agua y los usaban principalmente para beber. Los muestreos se hicieron siguiendo el protocolo indicado por el laboratorio. En cada punto de muestreo se realizaron los siguientes análisis de calidad de agua: fosfatos (Método SM 4500 C), nitratos (Método SM 4500 B), sólidos suspendidos (SS) (Método SM 2540 B), demanda bioquímica de oxígeno\*\* (DBO) (Método SM 5210 A.3 / B. 4.f.1/ B 4.g), bacterias coliformes totales (BCT) (Método SM 9221), bacterias coliformes fecales (BCF) (Método SM 9221), presencia de *Escherichia coli* (Método IMVIC). Todos los análisis fueron realizados de acuerdo a los métodos establecidos en estándares internacionales descriptos en Eaton *et al.* (2005).

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio SPSE (Santa Cruz, Argentina). Para detectar diferencias en los parámetros de calidad de agua evaluados, entre usos de los bosques (con y sin animales) y entre sitios, se realizó un ANOVA factorial con un test F. Las diferencias entre medias fueron separadas mediante el test de Tukey a un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

\*: 1 EOP es el promedio de requerimientos energéticos anuales de un equivalente oveja Patagónico (Borrelli, 2001).

\*\* : Este análisis no pudo realizarse para el sitio Santa Bárbara.

## Resultados

El efecto del uso ganadero sobre la calidad del agua dependió de cada sitio y parámetro de calidad evaluado (Figura 1). DBO, bacterias coliformes fecales y totales no se vieron afectadas por el uso animal en ninguno de los sitios evaluados. Sin embargo, mientras DBO y bacterias coliformes fecales fueron diferentes entre sitios ( $p < 0,05$ ) la concentración de bacterias coliformes totales no varió entre sitios. No obstante, debe mencionarse la alta variabilidad de los valores de coliformes fecales y totales en los sitios Cancha Carrera y Santa Bárbara. Los valores de sólidos suspendidos fueron más altos

con uso animal sólo en el sitio Cancha Carrera ( $p < 0,05$ ). La concentración de nitratos se vio afectada por el uso animal en los sitios Cancha Carrera y Santa Bárbara, mientras que el nivel de fosfatos fue mayor con uso animal sólo en este último sitio (Figura 1). La bacteria *Escherichia coli* estuvo presente en todas las muestras (con y sin animales) en los sitios Cancha Carrera y Santa Bárbara, mientras que en el sitio Stag River hubo ausencia de la bacteria en todas las muestras realizadas. Las interacciones entre sitios y usos fueron significativas ( $p < 0,05$ ) para nitratos y fosfatos.

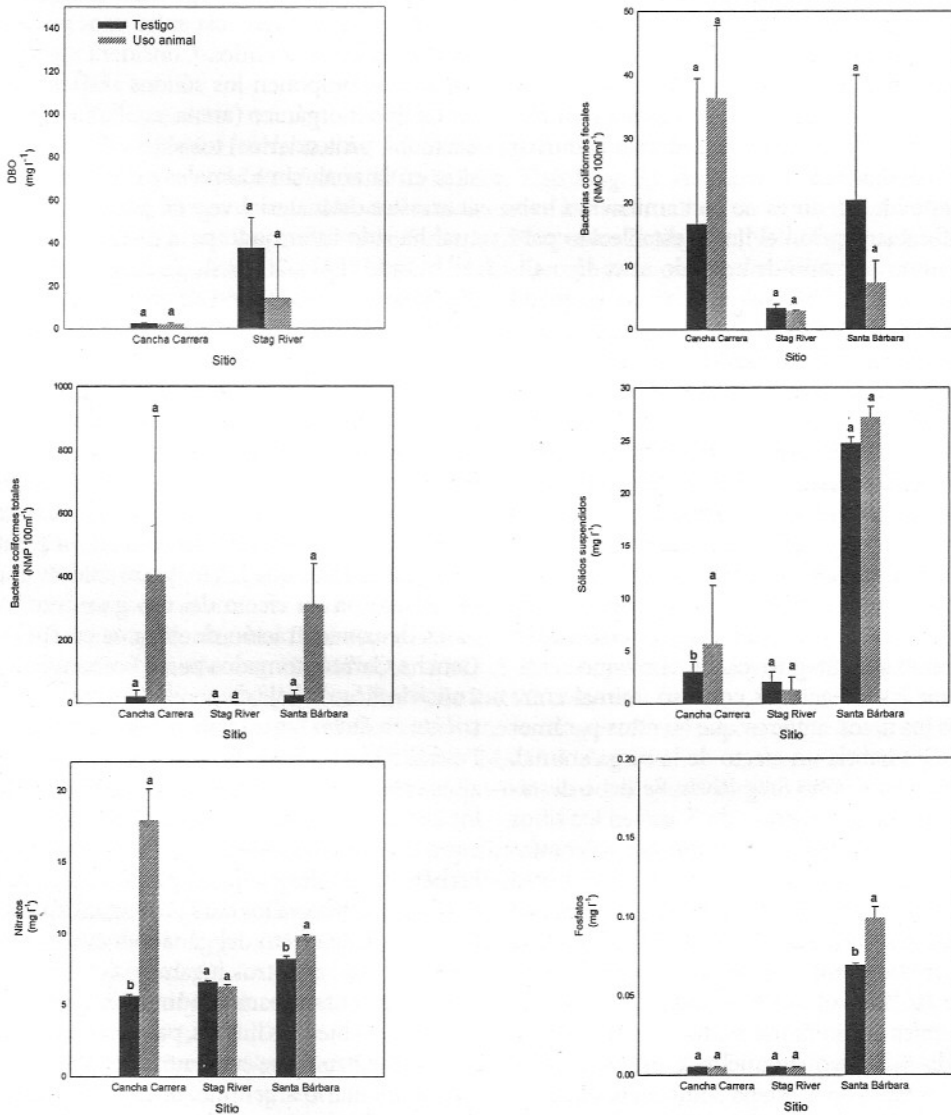


Figura 1. Parámetros de calidad de agua en cursos asociados a uso silvopastoril de bosques de *Nothofagus antarctica* en 3 sitios en la Provincia de Santa Cruz. Para un mismo sitio, letras distintas entre situaciones con uso animal y testigo (sin uso animal), indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

## Discusión

**DBO:** este parámetro mostró valores muy diferentes entre sitios, siendo "Stag River" el único con valores que podrían considerarse moderadamente contaminantes. Sin embargo, no se detectó diferencias debido al uso ganadero. Esto podría deberse a que aguas con altos contenidos de material orgánico (como las asociadas a bosques) de lenta descomposición por los altos contenidos de fenoles, ácidos húmicos y otros compuestos orgánicos, pueden presentar valores altos de *DBO* (Sioli, 1975). Altos valores de materia orgánica en lugares sin uso ganadero podrían estar dados por el aporte de detritos vegetales, particularmente en los sitios con valores más altos de *DBO* donde los cursos de agua se encuentran rodeados de bosque. Masi y Miserendino (2009) han informado valores altos de hojas y madera así como otros materiales orgánicos en ríos asociados a bosques de ñire explotados y sin disturbar en la Provincia de Chubut.

**BCF y BCT:** estos indicadores de contaminación bacteriológica y fecal superaron el límite establecido para aguas de consumo humano de acuerdo al código alimentario argentino (CAA) (valor máximo aceptado para *BCF*: 3,5 *NMP* 100ml<sup>-1</sup>) en dos de los sitios muestreados, mientras que el sitio Stag River estuvo en el límite máximo permitido por la mencionada norma. El hecho de que en los sitios de alta concentración de estos parámetros (Cancha Carrera y Santa Bárbara) no se detectaran diferencias relacionadas al uso ganadero se debe a la gran variabilidad entre muestras en los lugares con uso animal, lo cual estaría enmascarando el efecto ganadero que sería importante a nivel puntual. Por otro lado, las diferencias entre sitios se corresponden con la presencia de la bacteria *Escherichia coli*, la cual estuvo ausente sólo en el sitio Stag River. En el mismo sentido, al comparar las situaciones con uso animal entre distintos sitios los datos sugieren que en estos parámetros (*BCT* y *BCF*) habría un efecto de la carga animal, siendo la menor en el sitio Stag River. Se debe destacar también que la sola presencia de *E. coli* en los sitios Cancha Carrera y Santa Bárbara permite caratular estas aguas como contaminadas para uso humano. Por otro lado, estos resultados sugieren que, en los dos sitios que exceden los valores normados (de *BCT* y *BCF*), habría otras fuentes de contaminación fecal distintos al ganado doméstico asociado al uso silvopastoril de los bosques de ñire, tales como fauna nativa o naturalizada. En este sentido se sabe que la liebre europea alcanza altas densidades tanto en la estepa como en bosques de *Nothofagus*, teniendo incluso un importante efecto sobre la regeneración de estos bosques (Peri, 2004). Asimismo se ha señalado que zonas aledañas a los cauces

se convierten en reservorios importantes de bacterias tanto de origen animal como vegetal (Howell *et al.*, 1995).

**SS:** En el CAA no está explicitado un valor límite de este parámetro para consumo humano. Sin embargo, datos de literatura (Auquilla Cisneros, 2005) señalan un valor de 10 mg l<sup>-1</sup> como límite máximo. Si bien en el sitio Cancha Carrera hubo mayor cantidad de *SS* en el lugar con animales, lo cual podría resultar del efecto de remoción de material particulado del suelo por efecto del pisoteo animal, los valores no superarían el citado límite máximo. Sin embargo, en el sitio Santa Bárbara si bien no hubo diferencia entre usos presentó valores mayores a los permitidos. Considerando que las partículas que componen los sólidos suspendidos pueden ser de tipo inorgánico (arena, arcilla) u orgánico (algas, bacterias, protozoarios) los altos valores en este último sitio en la zona sin animales podrían estar asociados al arrastre de material vegetal por lavado del suelo, lo cual ha sido informado para distintas zonas boscosas del mundo (FAO, 2008).

**Nitratos:** Si bien este ión se encuentra en el rango de los valores considerados aptos para consumo humano (límite máximo permitido por CAA, 45 mg l<sup>-1</sup>) en todos los sitios, en Cancha Carrera y Santa Bárbara se encontró en mayores concentraciones con uso ganadero. En este sentido, se sabe que las principales fuentes de nitratos en sistemas agroganaderos son los fertilizantes nitrogenados y las heces animales. Considerando que, en los lugares evaluados no se realizan fertilizaciones se puede estimar que los mayores valores encontrados se debieron a un efecto del uso ganadero. Asimismo, datos de concentración de nitratos en suelos del sitio Cancha Carrera tomados periódicamente durante casi 2 años indican la baja disponibilidad natural de este nutriente en dicho lugar (Bahamonde, 2011).

**Fosfatos:** El sitio Santa Bárbara presentó los valores más altos en el lugar con ganado. La bibliografía señala que los cuerpos de agua asociados a uso ganadero podrían ver aumentada su concentración de P por el aporte de las heces animales y a que el pisoteo aumentaría el flujo desde el suelo hacia los cursos de agua (Zaimis y Schultz, 2002). Este efecto del ganado sobre el agua ha sido documentado en otros lugares y actuarían como una fuente de contaminación puntual importante (Auquilla, 2005). Si bien los límites, para consumo humano, de este parámetro no se encuentran establecidos en el código alimentario argentino, otros antecedentes indican que los valores encontrados estarían por debajo de los considerados peligrosos para la salud humana (Hooda *et al.*, 2000).

## Conclusiones

Si bien hubo algunos parámetros de calidad de agua que no superan los máximos permitidos para consumo humano, hubo otros que presentaron valores que exceden los permitidos por la normativa revisada, por lo cual el agua de tales sitios debiera ser tratada previamente para consumo humano, destacando como indicador importante de contaminación la presencia de *Escherichia coli* en dos de los sitios muestreados. Por otro lado, hubo algunos parámetros (*BCT* y *BCF*) que si bien no difirieron entre los lugares con y sin uso ganadero, la alta variabilidad de los datos en los lugares con uso animal podría estar enmascarando su efecto. Final-

mente, existen parámetros de calidad de los cursos de agua evaluados que claramente se ven afectados por el uso ganadero de los bosques de ñire y otros en los que no se puede descartar el efecto animal aunque las diferencias estadísticas no puedan demostrarlo. Sin embargo, tampoco se puede aseverar que la actividad ganadera sea la causa exclusiva de la deficiente calidad del agua de los sitios evaluados. Por lo anterior, se sugiere que este tipo de análisis se sigan realizando, ampliando el número de sitios y repeticiones con diferentes cargas animales y muestreos en el tiempo, para poder obtener conclusiones más certeras.

## Referencias

- Auquilla Cisneros, R.C. 2005. *Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 123 pp.
- Bahamonde, H.A. 2011. *Efecto de variables ambientales sobre la Producción Primaria Neta Aérea y el contenido de proteína bruta de gramíneas en Sistemas Silvopastoriles de ñire (Nothofagus antarctica): creación de un modelo de simulación*. Tesis Mag. Sc. Escuela para graduados Alberto Soriano, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 210 pp.
- Borrelli, P. 2001. *Producción animal sobre pastizales naturales* Cap. 5 pp 131-162. En: *Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli, P. y G. Oliva Ed. INTA Reg. Pat. Sur. 272 pp.
- Código alimentario argentino, Disponible en: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa\\_calidad/marco\\_regulatorio/CAA/CAPITULOXII.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/marco_regulatorio/CAA/CAPITULOXII.htm)
- Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E., Franson, M.A.H., 2005. *Standard Methods, for the examination of water and wastewater*, 21st edition, American water work association, US, 1368 pp.
- FAO Forestry paper 155, 2008. *Forests and Water, A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*. Roma, 2008. 92 pp. ISSN 0258-6150.
- Harding, J.S., Winterbourn, M.J. 1995. *Effects of contrasting land use on physico-chemical conditions and benthic assemblages of streams in a Canterbury (South Island, New Zealand) river system*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 29, 479-492.
- Hooda, P., Edwards, A., Anderson, H., Miller, A. 2000. *A review of water quality concerns in livestock farming areas*. *The Science of the Total Environment* 250, 143-167.
- Howell, J.M., Coyne, M.S., Cornelius, R. 1995. *Fecal bacteria in agricultural waters of the bluegrass region of Kentucky*. *Journal of Environmental Quality* 24, 411-419.
- Lowrance, R., Dabney, S., Shultz, R. 2002. *Improving water and soil quality with conservation buffers*. *J. Soil Water Conserv.* 57, 36A-43A.
- Masi, C.I., Miserendino, M.L. 2009. *Usos de la tierra y distribución de la materia orgánica particulada béntica en ríos de montaña (Patagonia, Argentina)*. *Ecología Austral* 19, 185-196.
- Miserendino, M.L. 2009. *Effects of flow regulation, basin characteristics and land-use on macroinvertebrate communities in a large arid patagonian river*. *Biodiversity & Conservation* 8(7), 1921-1943.
- Miserendino, M.L., Brand, C., Di Prinzio, C.Y. 2008. *Assesing urban impacts on water quality, benthic communities and fish in streams of the Andes Mountains, Patagonia (Argentina)*. *Water Air and Soil Pollution* 194, 91-110.
- Peri, P. 2004. *Bosque Nativo en: González, L. y Rial, P. (Eds.) Guía Geográfica Interactiva de Santa Cruz*. Ediciones INTA.
- Sioli, H. 1975. *Tropical rivers as expresión of their terrestrial environments*. In: Goley, F. and E. Medina (Eds) *Tropical ecological systems*. *Trend and Aquatics Research*. Springer-Verlag. New York.
- Zaimes, G.N., Schultz, R.C. 2002. *Phosphorus in agricultural watersheds, a literature review*. Department of Forestry, Iowa University, Ames, Iowa. 116 pp.