



## A4-232 Huella hídrica de la producción de leche en el sur de Chile.

Josué Martínez-Lagos<sup>1,2</sup> & Francisco Salazar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Remehue, Chile.

<sup>2</sup>. Doctorado en Medio Ambiente y Recursos Naturales, Laboratorio de Tecnología Ambiental, Universidad de Santiago de Compostela, España.

[josue.lagos@inia.cl](mailto:josue.lagos@inia.cl)

### Resumen

La producción láctea de las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos (Chile) es clave para el desarrollo regional y para el suministro de leche del país. Los procesos de producción requieren cantidades considerables de agua. Este trabajo tuvo como objetivo estimar la huella hídrica de la producción de leche en sistemas optimizados basados en pastoreo y en suplementación con nabo y maíz forrajero. Para la estimación de la huella total se consideró el volumen de agua que se utilizó directa e indirectamente en la producción, determinando las huellas verde, azul y gris. Los resultados indican que en promedio se utilizan 278 y 265 L agua por L leche bajo los escenarios planteados previamente. De la huella total estimada, la mayor parte corresponde a la huella verde, coincidiendo con los resultados internacionales. La huella hídrica podría ser un buen indicador para alcanzar la gestión sustentable de los recursos hídricos y mejorar la eficiencia de utilización de los mismos en el sector pecuario.

**Palabras clave:** agua; sustentabilidad; producto; láctico; eficiencia.

**Abstract:** Dairy production in Los Lagos and Los Rios regions (Chile) is a key factor for the regional development and for the country's milk supply. Production processes require substantial amounts of clean water. This study aimed to estimate the water footprint of milk production in an optimized pasture based system, and in an optimized pasture system with turnip and forage maize supplementation. To estimate the total water footprint we considered the volume of water used directly and indirectly in the milk production, identifying the green, blue and gray footprints. The average results indicate that 278 and 265 L of water are use to produce an L of milk under the previously proposed scenarios. Most of the total estimated water footprint corresponds to the green footprint, coinciding with the international results. The water footprint could be a good indicator to achieve the sustainable management of the water resources and to improve the utilization efficiency in the dairy sector.

**Keywords:** water; sustainability; product; dairy; efficiency.

### Introducción

Las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos de Chile produjeron el 77% del total de leche entregada a planta en el país en el 2014 (ODEPA, 2015). Estas dos regiones se caracterizan por tener una alta productividad agropecuaria ya que el territorio presenta las características edafoclimáticas propicias para el desarrollo de sistemas agropecuarios. Ambas regiones concentran el 45% de la masa bovina nacional, con cerca del 80% del total de las vacas lecheras dentro de esta importante área productiva (INE, 2007).

Para sustentar la creciente demanda de leche del país, en estas regiones existen más de un millón de hectáreas con praderas naturales, mejoradas y artificiales que constituyen el principal alimento ofrecido a los animales durante todo el año, ya que los sistemas de producción animal se basan principalmente en pastoreo. Cultivos forrajeros como nabos y



maíz también son empleados en la alimentación animal, principalmente en periodos estivales.

En el proceso de producción de leche se utiliza una gran cantidad de agua, tanto para la producción del alimento, para la bebida de los animales como en la sala de ordeña. En un estudio de casos realizado por Martínez-Lagos et al. (2014) se estimó para un predio del sur de Chile (que produce 2,3 millones de L de leche año<sup>-1</sup>) un consumo de agua de 24,034 L día<sup>-1</sup>, siendo equivalente a 5,8 L de agua por cada litro de leche producida (sin tomar en cuenta el agua bebida, ni la incorporada en el alimento ofrecido). Aproximadamente 51% del consumo correspondía al lavado de patios, estructuras y pisos de la sala de ordeña.

En los últimos años se ha despertado el interés por saber el impacto que la producción de leche tiene en los recursos hídricos de un territorio. En este sentido, la huella hídrica se constituye un indicador que facilita la identificación y cuantificación del agua utilizada en la producción de leche. Los resultados de estas evaluaciones pueden ayudar a gestionar de manera más eficiente el uso de los recursos hídricos en función de la productividad, estabilidad, sustentabilidad y equidad del sistema. El objetivo de este trabajo es estimar la huella hídrica de la producción de un litro de leche en un sistema basado exclusivamente en pastoreo y en un sistema con suplementación de nabo y maíz forrajero para las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos de Chile.

### **Metodología**

La ubicación geográfica de la Región de Los Lagos es entre los 39° 16' y los 44° 04' de latitud sur, y desde 71° 35' de longitud oeste hasta el océano Pacífico. Mientras que la Región de Los Ríos se encuentra entre los 39° 16' y los 40° 41' de latitud Sur, y desde los 71° 35' de longitud Oeste hasta el océano Pacífico. La metodología utilizada para el cálculo de la huella hídrica esta descrita por Hoekstra et al. (2011). La huella hídrica está compuesta por tres componentes: a) huella azul, que se refiere al consumo de los recursos de agua de origen superficial y subterránea; b) huella verde, referida al volumen de agua lluvia almacenada en el suelo como humedad que temporalmente se queda en la parte superior o en la vegetación; y c) huella gris, referida al volumen de agua requerida para diluir los contaminantes por encima de las normas de calidad aplicables.

Para la estimación de la huella hídrica de la producción de leche se consideraron dos escenarios productivos optimizados: a) producción en un sistema basado 100% en pastoreo y b) producción en un sistema en pastoreo (81%) con suplementación de nabo (7%) y maíz forrajero (12%). Para el cálculo de la huella bajo estos escenarios se utilizó la información oficial existente respecto a la evapotranspiración y precipitación, empleando como base los distritos agroclimáticos del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) y datos de la Comisión Nacional de Riego (CNR). Para la producción de leche se asumió un rendimiento de pradera de 18 ton MS. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> con una eficiencia de utilización del 70%. Además se asumió un valor de 0,95 kg de MS y 1,0 kg de MS nabo/ maíz por litro de leche producido.

Para ambas regiones y por tratarse de sistemas productivos en condiciones de secano (sin riego), en el caso de la huella hídrica azul se contabilizó el agua de bebida y el agua utilizada para lavado de equipos y limpieza de instalaciones. En la estimación de la huella verde se consideró la evapotranspiración (FAO, 2006) y la cantidad de agua incorporada en el producto. La huella gris se obtuvo en base al volumen de agua necesario para diluir el nitrógeno aplicado a través de fertilizantes orgánicos y minerales a la pradera, considerando el factor de lixiviación y la concentración máxima permitida por la norma nacional chilena.

Para esta última huella se consideró una fertilización nitrogenada mineral de 350 kg N. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> y de 82 kg N. año<sup>-1</sup> como purines aplicados a la pradera. En los cultivos forrajeros, nabo y maíz, se asumió una fertilización potencial de 200 y 250 kg N. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>, respectivamente. El factor de lixiviación de N fue 0,5% del N total aplicado a praderas, sin embargo bajo el escenario de suplementación la lixiviación se asumió como nula ya que los cultivos se producen en periodos donde no existe drenaje efectivo y por ende no hay lixiviación. Los resultados fueron analizados estadísticamente (Test-T) utilizando Minitab 16. Finalmente se utilizó ArcView GIS 3.2 para presentar los resultados obtenidos en forma espacial.

### Resultados y discusiones

Los resultados muestran que la huella verde es considerablemente mayor que la huella azul y gris, constituyendo del 91-94% de la huella total de la leche en la Región de Los Ríos y 78-81% de la Región de Los Lagos (tabla 1). Los resultados obtenidos concuerdan con lo esperado, ya que la producción de leche en las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos está basada en sistemas pastoriles, siendo la condición natural de estos la alta pluviometría y baja evapotranspiración.

La huella azul, solamente alcanza el 1% de la huella hídrica total en ambas regiones, en respuesta a que en la zona predomina la agricultura de secano donde el productor, en general, no utiliza agua para riego. Por consiguiente, el agua “azul” proviene principalmente del agua de bebida de animales y de la limpieza de salas de ordeña y patios de alimentación. La huella gris constituye entre el 4-5% de la huella total en las Regiones de Los Lagos y Los Ríos. Esto se debe a que la tasa de lixiviación de N para los suelos del territorio es baja (lo que condiciona directamente la huella gris), a pesar que en los sistemas lecheros es común la aplicación de N como fertilizante mineral u orgánico (aguas sucias del predio que se transforman en purines que son aplicados a praderas como fuente de macro y micro nutrientes).

Bajo los escenarios productivos planteados la Región de Los Ríos presenta una mayor huella hídrica que la Región de Los Lagos (figura 1). Esto se explica principalmente por las diferencias en la precipitación efectiva/ evapotranspiración del cultivo en las distintas zonas. Teniendo en cuenta lo anterior, bajo las condiciones de la zona central del país, se esperaría una mayor contribución de huella hídrica azul y gris en sistemas de producción de leche.

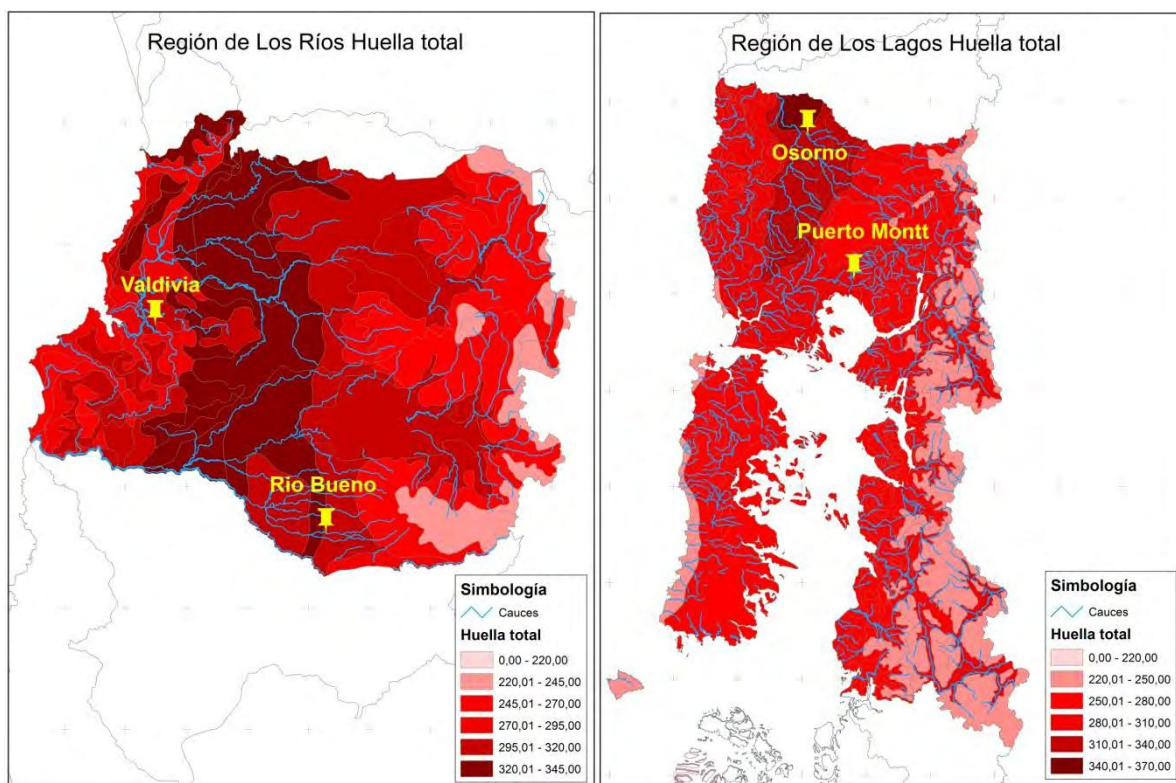
La huella hídrica del escenario con pradera y el de pradera más suplementación de forrajes fue similar ( $p > 0.05$ ), lo que indica que la inclusión de cultivos suplementarios como nabo y maíz forrajero, producido en el mismo predio o zona agroclimática, en la dieta de los animales no tiene un impacto significativo en el uso del agua. La similitud de las huellas de ambos sistemas se produce porque en ninguno de los dos casos se utiliza agua de riego (lo que disminuye la huella azul), siendo atribuido el resultado de la huella hídrica principalmente a diferencias en la evapotranspiración.

La huella hídrica promedio de la producción de leche en las Regiones estudiadas es menor que el promedio mundial para condiciones de pastoreo (que es de 1.191 m<sup>3</sup>. ton<sup>-1</sup>, Mekonnen & Hoekstra, 2012) y que estimaciones locales basadas en encuestas a productores (Broussain, 2011). Respecto a otros sistemas de producción, la huella hídrica global presenta promedios de 956 y 1.207 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup> para sistemas mixtos e industriales respectivamente; de estos valores más del 90% corresponde a la huella hídrica verde (Mekonnen & Hoekstra, 2012).

El valor promedio de las huellas hídricas estimadas para las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos es menor que los resultados reportados para otros países como China, India, Países Bajos y USA (Mekonnen & Hoekstra, 2012), siendo la huella verde considerablemente menor que en dichos países. Sin embargo, en términos de proporciones, las huellas hídricas azul y gris son similar y mayor, respectivamente, a las huellas hídricas globales. En el caso de la huella gris podría deberse a la gran cantidad de agua que se utiliza localmente en el lavado de patios e instalaciones (ej. Martínez-Lagos et al., 2014) en comparación a los sistemas lecheros de otros países, donde se ha maximizado la limpieza en seco y la reutilización de aguas, y donde la producción de leche es más eficiente desde el punto de vista técnico.

**TABLA 1.** Huella hídrica de la producción de leche en las Regiones de Los Ríos y los Lagos de Chile.

Región	Producto	Huella hídrica (L agua. L de leche <sup>-1</sup> )			
		Azul	Verde	Gris	Total
Los Ríos	Leche (pradera)	3	280	14	297
	Leche (pradera + forrajes)	2	270	11	283
Los Lagos	Leche (pradera)	3	242	14	259
	Leche (pradera + forrajes)	2	233	11	247
Promedio	Leche (pradera)	3	261	14	278
	Leche (pradera + forrajes)	2	252	11	265



**FIGURA 1.** Huella hídrica total de las Regiones de Los Lagos y de los Ríos, Chile.



## Conclusiones

De acuerdo a los resultados de este estudio se pudo estimar que la huella hídrica promedio de la producción de un litro de leche fue de 278 y 265 L de agua /L de leche en sistemas de pastoreo y pastoreo con suplementación con forrajes respectivamente en las Regiones de los Ríos y Los Lagos. La huella estimada para estas regiones es menor que el promedio mundial reportado para la producción de leche. La huella hídrica verde constituye la mayor cantidad del total de la huella hídrica, concordando con los resultados reportados a nivel internacional. El indicador huella hídrica es una herramienta útil para medir el consumo de agua en la producción de leche, dando cuenta de donde se producen los mayores consumos, permitiendo así identificar medidas de mitigación para reducirlos.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado con recursos del Ministerio de Agricultura. Además agradecemos al Programa de Transferencia Tecnológica para el eslabón productivo de la cadena ovina-láctea y hortofrutícola (FNDR, Gobierno Regional Los Ríos).

## Referencias bibliográficas:

- Broussain J (2011) Análisis y aplicación de la metodología para el cálculo de la huella hídrica a nivel predial de la producción lechera en Chile. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 35pp.
- Food and Agriculture Organization FAO (2006) Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage. Paper N° 56. Roma, Italia.
- Hoekstra AY, AK Chapagain, MM Aldaya & MM Mekonnen (2011) The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. London: Earthscan. 203pp.
- Instituto nacional de estadísticas INE (2007) "Resultados preliminares del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal". Instituto Nacional de Estadística. [en línea]. [19.05.15]. Disponible en la web: <http://www.censoagropecuario.cl/noticias/09/07042009.html>
- Martínez-Lagos J, D Leal, R Hurtado & F Salazar (2014) Eficiencia del uso del agua en una lechería del sur de Chile. Revista Simiente N°252, 154.
- Mekonnen MM & AY Hoekstra (2012) A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems, 15:401-415.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA. 2015. "Leche: producción, recepción, precios y comercio exterior", Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, [en línea]. [19.05.15]. Disponible en la web: <http://www.odepa.cl/boletin/boletin-de-la-leche-5/>