

## CONSUMO DE AGUA PARA PRODUCCIÓN PRIMARIA LECHERA: USO DE INDICADORES COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS AMBIENTAL

Luciana Jennerich.

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Nacional (FRRa)

<sup>2</sup>Grupo GEM- Laboratorio de Química de UNL, FRRa. Becaria de UNL: Doctorando en Ciencias Agrarias.

Director/a: Ma. Cecilia Panigatti.

Codirector/a: Ghiberto Pablo.

Área: Ingeniería.

Palabras claves: sistemas lecheros, indicadores, eficiencia de uso de agua.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas primarios de producción de leche se enfrentan a un proceso de concentración e intensificación constante, lo cual generó una problemática puntual como lo es, la presión que estos ejercen sobre el ambiente y puntualmente el aumento del consumo de agua. El objetivo de este trabajo fue analizar mediante diferentes indicadores ambientales, el comportamiento de un sistema de producción lechera bovina sobre el uso del recurso hídrico.

Proyecto acreditado en el que se enmarca la investigación: Funciones y servicios ecosistémicos del suelo: propuestas para la región centro-norte de la provincia de Santa Fe (50620190100042LI).

Instrumento: CAI+D.

Año de convocatoria: 2020.

Organismo financiador: UNL.

Director/a: Pablo Ghiberto.

### METODOLOGÍA

Se seleccionaron cinco sistemas de producción primaria de leche en suelos con índices de productividad (IP) contrastantes, de la cuenca lechera central de la provincia de Santa Fe, Argentina (Tabla I). Los indicadores empleados fueron: huella hídrica (HH), índice de impacto hídrico (WIIX), índice de eficiencia de uso de agua (IEUA) e indicador de ahorro de agua (IAA).

Tabla I: Principales características de los sistemas seleccionados para el estudio.

Casos	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4		Caso 5	
Suelo	Argiudol típico serie Rincón de Ávila	Natracualf típico Serie Aurelia	Argiudol ácuico Serie Humboldt	Argialbol típico Serie Castellanos	Argiudol típico Serie Rafaela	Argiudol ácuico Serie Lehmann	Argiudol típico Serie Rafaela
Aptitud de suelo (AP)	81	8	75	57	82	75	82
Hectáreas totales	218	202	200	143	15	125	15
% forraje-concentrado	88,5:11,5	100:0	80:20	70:30		65:35	
Vacas en ordeño (VO)	268	130	198	170		96	
Kg de leche/vaca (día)	49,96	50,98	41,28	53,42		58,41	

La unidad funcional (UF) empleada fue kilo de leche corregida por grasa y proteína (kg LCGP). Para el cálculo de HH se empleó el enfoque de Hoekstra et al. (2011). Se incluyó la fracción de HH verde (HHve) (agua de lluvia captada por los cultivos) expresado en términos de cantidad de agua consumida por unidad de alimento producido (L de agua/kg de alimento producido). Los

valores se estimaron en base a la componente de agua verde (CWUv); utilizando el software Cropwat 8.0 (FAO 2010). Para eso, es necesario conocer la evapotranspiración del cultivo ETc (mm/período), la precipitación efectiva Pef (mm/período) y su rendimiento (kg/ha). Se utilizaron registros meteorológicos (INTA y Meteoblue), información de suelos (INTA, 2020) y de los sistemas en estudio y producción de cultivos obtenidas mediante encuestas con los responsables de cada establecimiento. Se estimó la HH azul (HHaz) para consumo de agua directo: bebida animal y uso extractivo para funcionamiento, lavado del sistema de ordeño y limpieza de instalaciones del tambo. Se emplearon dos métodos diferentes; 1) mediante estimaciones a través de fórmulas predictivas y 2) mediante mediciones a través de la técnica volumétrica con un recipiente de capacidad conocida. Se estimó la HH gris (HHg) para dos salidas del sistema. Primero, el volumen necesario para diluir la carga contaminante derivada de la aplicación de fertilizantes. En este sentido, se consideró solo las especies nitrogenadas y se tomó al nitrato como ion en estudio por ser un potencial contaminante. Segundo, el volumen necesario para diluir la carga contaminante generada a partir de los efluentes obtenidos de la limpieza. Aquí, es preciso conocer el volumen generado y sus características fisicoquímicas. Se calcula para diferentes parámetros de los cuales, se tuvieron en cuenta los correspondientes a NTK (nitrógeno total Kjeldhal), siendo este considerado como el parámetro de mayor impacto.

A su vez, de acuerdo con la norma ISO 14046 (Suizagua, 2016), se analizó el uso del agua a través del indicador WIIX como categoría de impacto sobre la disponibilidad del recurso, agrupando en un solo parámetro tres factores clave: un balance hídrico (caudales de entrada y salida al sistema), factores de calidad de agua y grado de escasez hídrica (para el que existe valores de referencia), obteniendo un resultado de consumo equivalente de agua (ejemplo, m<sup>3</sup> eq. WIIX). Cuanto más lejos del cero se encuentra el resultado de este indicador, menor es el impacto sobre el recurso. Se determinó el IEUA, propuesto por Cañada et al., (2018), siendo este el cociente entre los litros de agua extraídos en la sala de ordeño y los litros totales de leche producidos diariamente. Cuanto más grande sea el indicador, menor será la eficiencia del establecimiento. El IAA o costo de oportunidad de ahorro de consumo de agua, planteado por Taverna et al. (2013), establece un escenario de reutilización del 100% del agua empleada para la placa de preenfriado y determina cuántos L/vaca/día se ahorraría un establecimiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La HH total de los cultivos (L/kg/ha), considerando la HHve<sup>2</sup> (ver Tabla II) y HHg fue para el Caso 1, **1.687,5**; Caso 2, **3.020,8**; Caso 3, **1.565,9**; Caso 4, **1.261,2** y Caso 5, **1.073,4**.

Tabla II. Evapotranspiración potencial (ETc), Evapotranspiración real (ETa) y sus HHve.

Estudios de casos	ETc (mm/período)	ETa (mm/período)	HHve <sup>1</sup> (L/kg/ha)	HHve <sup>2</sup> (L/kg/ha)	HHg (L/kg de fertilizante/ha)
<b>Caso 1</b>	2.142,2	1.641,1	1.244,7	1.581,1	106,4
<b>Caso 2</b>	2.275,5	1.772,6	<b>2.255,5</b>	<b>2.885,9</b>	134,9
<b>Caso 3</b>	1.866,7	1.446,8	1.135,5	1.532,4	33,5
<b>Caso 4</b>	1.231,6	1.198,1	919,9	1.109,9	152,2
<b>Caso 5</b>	1.233,4	1.199,6	780,6	940,2	133,2

HHve<sup>1</sup>: HHve obtenida de la ETc (L de agua/kg de alimento/ha); HHve<sup>2</sup>: HH obtenida de la ETa (L de agua/kg de alimento/ha).

Cuanto mayor es el nivel de intensificación, menor es la HHve, condición que coincide con Manazza, Diaz (2013). Los resultados de este indicador no sólo dependerán de las condiciones de evapotranspiración de acuerdo con el clima y suelo, sino también de los rendimientos obtenidos ya que, cuanto mayor sea el rendimiento, menor será la huella hídrica que se obtenga. El mayor valor de HHve total fue el Caso 2, asumiendo que se debe principalmente a las

estrategias de cultivo escogidas (leguminosas utilizadas en estados tempranos o cultivos de períodos cortos que no alcanzan altos rendimientos) al mismo tiempo que la menor AP de suelo.

Tabla III: Estimación de HHaz y HHg derivada del uso de agua y generación de efluentes.

HH	Cuantificación considerada en el cómputo		Casos de estudio					
			Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	
HHaz bebida, estimada	Consumo total rodeo (L/año/ total rodeo)		13.068.297,2	6.994.849,7	9.132.370,1	7.540.500,4	6.164.886,6	
HHaz estimada	Vol. total estimado en sistema de ordeño y limpieza de instalaciones (L/año)		11.642.898,9	7.148.467,7	15.889.847,2	9.549.901,3	6.696.732,8	
HHaz medida	Vol. total medido en sist. de ordeño y limpieza de instalaciones (L/año)	Medición 1	(a)	8.379.183,3	5.241.400	13.373.412,8	4.224.464,6	4.989.267,8
			(b)	3.101.283,3	642.400	3.670.028,2	1.826.082,8	1.538.589,5
		Medición 2	(a)	9.176.383,9	6.360.368,3	13.394.639	6.939.568,8	4.883.595,8
			(b)	6.104.908,9	885.368,3	4.297.715,9	2.156.741,6	2.755.296,7
HHg efluentes (L/año)	Vol. necesario para dilución de la carga contaminante de aguas "sucias" (medición 1)		73.694.762,1	16.488.822,8	100.109.547,4	100.512.813,3	38.609.230,1	

(a) Consumo de agua sin reutilización de agua de la placa de refrescado. (b) Consumo con dicha reutilización.

Observando en la Tabla III, la HHaz del consumo para bebida animal y como es de esperarse, se distinguen amplias variabilidades. Esto se debe fundamentalmente a las variaciones en el stock de animales de cada establecimiento, sus distribuciones por categorías (según el peso) y las dietas suministradas a cada una de ellas. Los que resultaron mayores fueron el Caso 1 y Caso 3, los cuales poseen 2 de las 3 variantes anteriormente mencionadas; el mayor stock total de animales (incluyendo vacas lactantes) y son dos de los casos que proveen de dietas con mayor % de suplementación y/o reservas. Analizando los resultados globales de HHaz del sistema de ordeño (Tabla III), se sabe que el área de mayor requerimiento, ocupando casi un 80% del total, es el consumo de agua para la placa de refrescado de la leche, pero la que, al no tener contacto con ninguna etapa del procedimiento, puede ser reutilizable en un 100% y el destino de ese consumo dependerá predominantemente de una cuestión de manejo. No obstante, existen otras áreas de consumo dentro de la sala de ordeño que, si bien poseen un valor considerablemente más chico, volumétricamente son significativos; entre ellos, el consumo para limpieza de pisos. Los Casos 1 y 3, aunque hayan presentado los mayores consumos, se deben a distintos motivos. El primero se debe a que posee la mayor capacidad productiva, por lo tanto, mayor es el volumen de leche producido, mayores serán los tiempos de ordeño y el consumo de agua. El segundo, en cambio, se debe principalmente al sistema de limpieza de pisos puesto que no emplean complementariamente ningún instrumento de arrastre de sólidos. A su vez, este caso posee un aumento del consumo para recirculación de agua en equipo de frío, ya que el horario de recolección de leche se encuentra próxima al de finalización de ordeño y no alcanzan la temperatura deseada en el producto. Luego, le sigue el Caso 2 el cual supera el consumo del Caso 4, pero no así la cantidad de vacas lactantes asumiendo que se debe principalmente al número de unidades de ordeño (ocho vs diez), resultando consecuentemente en mayores tiempos para realizar la actividad. El Caso 5, posee una bomba presurizadora que le permite abrir paso de agua para limpieza de corral al mismo tiempo que ordeñan permitiéndoles ahorro de tiempo. Sin embargo, sus resultados en una de las mediciones resultaron mayores que el Caso 4, el cual dispone de un N° de vacas considerablemente mayor. Por último, en todos los casos en estudio, los resultados medidos no superaron los estimados por fórmulas predictivas (ver Tabla III), lo cual permite destacar la importancia de los primeros, ya que se estaría evitando "castigar" al sistema con valores mayores a los reales. A su vez, los valores obtenidos en la segunda medición (época invernal), fueron mayores que en la primera medición (febrero/marzo), pudiendo asumir que es un escenario esperado, debido principalmente a cuestiones climáticas que afectan más en invierno que verano (menos horas sol, mayores

lluvias o mayor humedad; en consecuencia, mayor cantidad de barro presente en las vacas seguido del aumento de tiempos de ordeño y agua en la rutina de ordeño).

Tabla IV: Totales obtenidos/producción lechera.

Caso	HH total * (L agua/UF)	WIIX (m <sup>3</sup> eq. WIIX/UF)	IEUA (L agua/UF)	IAA (L de agua/vaca/día)
1	402,2	0,00007828	6,5	53,96
2	883,1	0,00006497	3,4	90
3	841,1	0,0001471	13,8	142,1
4	607,8	0,0001545	9,8	41,1
5	669,3	0,00006975	4,7	70,11

\*HHtotal: HHaz medida+ HHg efl + HHtotal de los cultivos.

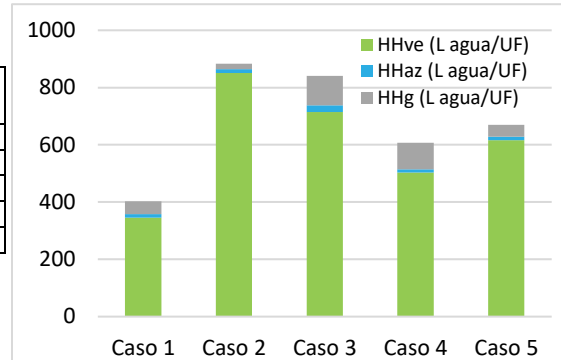


Figura 1: HH total/UF (kg LCGP)

Tanto en los resultados de HH como en WIIX, se encontraron similitudes con Charlón et al. (2014).

Sin embargo, los resultados son distintos. La

diferencia radica en las variables empleadas para el cálculo. Con respecto al IEUA, se obtuvo que el Caso 2 (Tabla IV), posee el mejor resultado, al igual que el WIIX, considerando este caso como el de menor impacto sobre la disponibilidad de agua en su región. Referido al IAA, el valor promedio de los casos se acerca considerablemente al propuesto por el autor (60 L) salvo el Caso 3. Este podría ser quien obtenga mayores beneficios si reciclara el total de agua de placa.

## CONCLUSION

Es evidente que el comportamiento de los sistemas productivos primarios lecheros frente al uso del agua varían considerablemente y podrían ser mejorados. Un análisis comparativo, acompañado del uso de indicadores es indispensable; por lo cual emplear estos de manera aislada, sería inapropiado puesto que cada uno concluye en un escenario distinto. En definitiva, dependerá del tipo de evaluación que se realice y la información que se desee emplear.

## BIBLIOGRAFÍA

**Cañada, P.; Herrero, M.A.; Dejtiar, A.; Vankeirsbilck, I.,** 2018. GUIA DE BUENAS PRACTICAS PARA EL MANEJO DE PURINES EN TAMBO.

**Charlón V, Tieri M.P., Manazza, F.; Engler, P., Pece, M.A., Frank, F.,** 2014. Comparación de dos metodologías de cálculo de huella hídrica en un sistema de producción de leche de argentina. III Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y II Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica.

**FAO,** 2010 'CROPWAT 8.0 model', FAO, Rome, [www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html) .

**Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M.,** 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK.

**INTA.** Estación Experimental Rafaela (Santa Fe). Informes Agrometeorológicos. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/boletin-agrometeorologico-mensual-inta-rafaela-listado-de-informes-mensuales>

**INTA** 2020. Visor GeoINTA: Mapas de suelo, perfiles y coberturas de suelos, imágenes y bases de datos georeferenciadas. Disponible en: (<http://visor.geointa.inta.gob.ar/>) [Acceso Jul. 11, 2014].

**Manazza, J.F. y Diaz, J.R.,** 2013. Aproximación al análisis de eficiencia de uso de agua en sistemas ganaderos bovinos. <https://www.researchgate.net/publication/276919832> .

**Manual Aplicación para Evaluación de HH acorde a la norma ISO 14046** 2016. Elaborado en conjunto por Fundación Chile y Agualimpia. Primera edición en español: Santiago de Chile, enero 2016.

**Meteoblue.** Datos meteorológicos históricos por hora. <https://www.meteoblue.com/es/historyplus>

**Taverna M., Charlón V., García K., Walter E.,** 2013. Una propuesta integral de manejo de efluentes. Sitio Argentino de Producción Animal. Trabajo presentado en: Jornadas Técnicas de la 8ª Muestra Internacional de Lechería (Morteros, Córdoba, Argentina).