

# Economía ambiental del uso del agua en el sector agroindustrial lácteo del centro de Santa Fe, Argentina

## Water se environmental economy in the dairy agroindustrial sector in the center of Santa Fe, Argentina

Presentación: 4 y 5 de octubre, 2022

Doctorando/a:

**Jennerich, Luciana Belén**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela- CP: 2300 (Santa Fe, Argentina). Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Esperanza- CP: 3080 (Santa Fe, Argentina).

[lucijennerich@gmail.com](mailto:lucijennerich@gmail.com)

Director/a:

**Panigatti, María Cecilia**

Codirector/a:

**Ghiberto, Pablo**

### Resumen

El objetivo general del trabajo es evaluar desde un punto de vista técnico-económico y ambiental, la utilización del recurso agua a lo largo de la cadena láctea en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe. Las etapas en estudio fueron el sector primario y secundario, y la observación y recopilación de datos fue a partir de encuestas personales y visitas. Los métodos de análisis centrales fueron Huella Hídrica (HH) y Perfil de Huella de Agua (HA). En métodos de valoración económica del agua se avanzó sobre la recopilación de costos. El nivel de afectación sobre el agua para aquellos casos que presentan menor eficiencia puede ser mejorado y/o reducido mediante prácticas y adaptaciones en su infraestructura que optimicen sus procesos. El estudio de impacto sobre el consumo hídrico pese a que aún se está validando con diferentes autores, ha brindado un escenario preliminar que permite identificar de cada uno su contribución. Será tarea futura, evaluar el sector secundario en este último aspecto y continuar trabajando sobre la valoración económica del agua.

**Palabras clave:** cadena láctea, huella hídrica, impacto por escasez, eficiencia de uso

### Abstract

The general objective of the work is to evaluate, from a technical-economic and environmental point of view, the use of water resources throughout the dairy chain in the central-western of Santa Fe province. The stages under study were the primary sector and secondary, and the observation and data collection, from personal surveys and visits. The central analysis methods were Water Footprint (HH) and Water Footprint Profile (HA). The level of affectation on the water for those cases that present less efficiency can be improved and/or reduced through practices and adaptations in its infrastructure that optimize their processes. The impact study on water consumption, despite the fact that it is still being validated with different authors, has provided a preliminary scenario that allows each one to identify their contribution. It will be a future task to evaluate the secondary sector in this last aspect and continue working on the economic valuation of water.

**Keywords:** dairy chain, water footprint, scarcity impact, use efficiency.

## Introducción

En Argentina, la concentración productiva y gerencial es un síntoma central que lleva al uso de nuevas tecnologías (de insumos y procesos) y a la intensificación de las actividades agrícola y ganadera (CEPAL, 2005). Específicamente, los sistemas de producción de leche se enfrentan a un proceso de concentración e intensificación evidenciado en un aumento de la producción por vaca en ordeño y del tamaño de los rodeos (Lazarini et al., 2019). Por su parte, las industrias han aumentado exponencialmente su escala productiva por lo que, la presión sobre estas para ajustarse a las normativas ambientales locales también. Hace unos años, tal intensificación, específicamente en la producción de leche, generó una problemática puntual como lo es, el aumento en la cantidad de efluentes producidos en las instalaciones de ordeño y las industrias lácteas. Al mismo tiempo también esa intensificación requiere de un manejo sustentable del agua lo cual implica un aumento en la eficiencia de uso de los recursos y una reducción de la contaminación de los cursos de agua y de las napas causada por altas cargas de materia orgánica, agroquímicos, productos ácidos y alcalinos, entre otros.

A nivel internacional, y en lo que corresponde al análisis del uso del recurso agua, ha surgido el indicador de Huella Hídrica (HH), un enfoque desarrollado por la “Water Footprint Network (WFN)” para conceptualizar y cuantificar la presión sobre los recursos hídricos que la sociedad ejerce a través de la producción y el consumo. Apunta a la sustentabilidad, eficiencia y equidad de la distribución y uso del agua en productos o patrones de consumo, tanto en contextos locales o globales, como en regiones geográficas específicas, con problemáticas específicas (Anschau, et al., 2015). La HH se diferencia en verde (HHve), azul (HHaz) y gris (HHg) según su procedencia. La HH verde es una medida del agua que se incorpora al producto proveniente de las precipitaciones mientras que la HH azul, representa el agua consumida en forma directa que proviene de fuentes superficiales y subterráneas (Hoekstra et al., 2011). Por último, la HH gris, es un indicador del volumen de agua necesaria para asimilar los contaminantes involucrados en la actividad hasta alcanzar los niveles permitidos de concentración en agua (Hoekstra et al., 2011), de modo de cumplir los estándares de calidad establecidos.

Por su parte, ISO, mediante la norma 14046, proporciona principios, requisitos y directrices para la determinación de un perfil de huella de agua de productos y organizaciones con enfoque de “ciclo de vida” (ISO, 2015). Según dicha norma internacional un Perfil de Huella de Agua (HA) considera una serie de impactos relacionados con el agua, y está compuesto por los resultados obtenidos en varias categorías de impacto (eutrofización acuática, acidificación acuática, radiación ionizante, uso del suelo, ecotoxicidad acuática, entre otras), que reflejan no sólo el volumen extraído en una cuenca sino el impacto potencial sobre la disponibilidad, la escasez y la polución que esa extracción y subsecuente uso ocasiona sobre los recursos, la salud humana y la calidad de los ecosistemas.

El objetivo general del plan de tesis es evaluar desde un punto de vista técnico-económico y ambiental la utilización del recurso hídrico en la cadena láctea en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe. Los objetivos específicos planteados y alcanzados hasta la fecha fueron: Cuantificar el consumo de agua (HH) a nivel primario a lo largo de todo su proceso y nivel secundario; Comparar la eficiencia de uso del agua en cada eslabón dado por la asociación del consumo del agua y la unidad de producto (Lagua/kg de leche corregida por grasa y proteína- LCGP y L agua/kg de queso semiduro); Evaluar en sistemas primarios (aún no se ha realizado con las industrias), el impacto por escasez de agua (HA) según el enfoque de ciclo de vida e impactos asociados a la degradación del recurso (eutrofización y acidificación). Realizar un diagnóstico de los sistemas de tratamientos existentes e identificar la existencia o no de puntos críticos en cuanto a su sistema de manejo.

## Desarrollo

Se seleccionaron y analizaron al azar cinco sistemas de producción primaria lechera bovina y dos secundarios productores de quesos. Ambos eslabones poseen casos de estudio con características diferentes. Los establecimientos se encuentran localizados en la cuenca lechera central de la provincia de Santa Fe (Departamento Castellanos y Las Colonias, Argentina).

**Determinación de la HHa en el sistema primario:** Si bien se conoce y corroboró que la HHv en sistemas de producción primaria son aquellos que representan la mayor proporción de la HH total debido a la extensión en superficie ocupada por cultivos, el consumo directo empleado en un proceso es igual o más importante. Este refiere al uso extractivo de fuentes subterráneas mientras que la HHv

corresponde a un consumo proveniente de un proceso natural (cuando no son cultivos bajo riego). En este trabajo se presentan los resultados de la cuantificación de agua para el funcionamiento y limpieza del sistema de ordeño e instalaciones del tambo (sala de ordeño y pisos). Para eso, se realizaron mediciones in situ utilizando un cronómetro y taras previamente hechas en cada punto de extracción de agua. Al mismo tiempo, se instaló en cada uno de ellos, un horómetro o cuenta horas el cual fue vinculado a la bomba sumergible pudiendo registrar durante un. Este se calcula para diferentes parámetros de los cuales se selecciona aquel considerado como el de mayor impacto.

**Determinación de la HH en sistemas secundarios:** Se determinó el consumo directo (HHa) de agua a lo largo de todo el proceso de elaboración de quesos pategrás iniciando desde el ingreso de la materia primera a la industria hasta su empaque, incluyendo procesos asociados los cuales son secundarios pero necesarios para la ejecución del primero. Las dos industrias seleccionadas no son comparables entre sí, no obstante, permitió conocer dos realidades completamente diferentes pero representativas de la región y el sector industrial lechero. Se realizaron encuestas con gerente o propietarios de estas, jefes de producción y operarios. Se realizaron monitoreos y mediciones de consumo de agua en cada una de las etapas donde se consume. En una de las industrias se realizó comparaciones con lo acumulado en el caudalímetro general de la empresa, mientras que, en la otra, debido a la ausencia de dicho dispositivo, se instaló un horómetro al igual que en los tambos. Se estimó la HHg que estaría asignado a la cantidad de agua necesaria para diluir la carga contaminante de los efluentes generados en las industrias. En este caso al igual que en los tambos, se evaluaron parámetros fisicoquímicos en muestras de efluente y se tomó para el cálculo el que se encuentre más lejos del valor máximo permitido por la ley empleada.

**Monitoreo de aguas y efluentes:** Los muestreos en ambos sistemas productivos fueron realizados al menos en 2 momentos diferentes del año, de acuerdo con las estaciones. Por lo tanto, cada caso posee un resultado de laboratorio para una muestra en época estival y otra en época invernal. Los parámetros analizados en agua fueron: pH, Sólidos disueltos totales (mg/l), Cloruro (mg/l Cl<sup>-</sup>), Dureza Total (mg/l CaCO<sub>3</sub>), Sulfato (mg/l SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), Nitratos (mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nitritos (mg/l NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Fluoruro (mg/l F<sup>-</sup>), Amonio (mg/l NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Arsénico (mg/l As). Por su parte, los efluentes tanto de tambo como industria fueron analizados con parámetros como pH, Conductividad (µS/cm), Sólidos Totales (mg/l), Sólidos Totales Volátiles (mg/l), Nitrógeno Total (mg/l N), Fósforo Total (mg/l P), D.B.O.<sup>5</sup> (mg/l O<sub>2</sub>), D.Q.O. (mg/l O<sub>2</sub>). Para los análisis se utilizaron métodos normalizados, tomando como referencia los propuestos por el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA). Para el análisis del cumplimiento de potabilidad del agua de pozo, se empleó como referencia el Código Alimentario Argentino (CAA) (2017), para agua apta para consumo humano. En el caso de efluentes, los resultados obtenidos se compararon con los parámetros de volcamiento establecidos en la Resolución de la Provincia de Santa Fe N° 1089/82 “REGLAMENTO PARA EL CONTROL DEL VERTIMIENTO DE LÍQUIDOS RESIDUALES”.

**Estimación de indicador para evaluación de impacto por escasez de agua:** De acuerdo con la norma ISO 14046 se definieron las características específicas para la estimación y evaluación del perfil de HA por escasez incluyendo impactos asociados por degradación del recurso. El estudio tuvo por objetivo evaluar el impacto el impacto sobre la disponibilidad y degradación del agua para producir 1 kg LCGP. Las categorías de impacto seleccionadas para el estudio fueron de punto medio o “midpoint” y los métodos empleados, el AWARE o Agua disponible remanente (Boulay et al., 2015) y ReCiPe Midpoint Hierarchist (Goedkoop et al., 2008). Las categorías correspondientes fueron: 1) *Escasez de agua* (“Water depletion”) expresado en m<sup>3</sup> equivalente e impactos asociados a la degradación del volumen consumido. 2) *Acidificación terrestre* (“terrestrial acidification”), definida según ISO como emisiones de gases que generan acidificación, expresadas como la suma del potencial de acidificación en kg SO<sub>2</sub>-equivalente. 3) *Eutrofización de agua dulce* (“freshwater eutrophication”) que considera las emisiones de sustancias al agua que contribuyen al agotamiento del oxígeno, expresadas en kg P-equivalente.

## Resultados y discusión

En la Tabla I, se presentan las características principales de los sistemas analizados.

Tabla I: Descripción de los establecimientos tamberos e industrias lácteas seleccionadas para el estudio.

Características	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5		
Hectáreas totales	218	202	143	15	125	15	200
Vacas lactantes (VO)	268	130	198	170		96	

<b>Sistemas primarios (tambos)</b>	Litros de leche/día	24,98	25,49	20,64	26,71	29,21
	Unidades de ordeño	12	8	12	10	12
	Corral de espera hormigonado (m2)	150	150	200	200	100
	<b>Características</b>	<b>Caso A</b>			<b>Caso B</b>	
	Recibo leche cruda (L/día)	4500			395.050 promedio año	
<b>Sistemas secundarios (industria)</b>	Queso duro (kg/día)	400			2600	
	Cantidad de tinajas	4 (1500 litros)			3 (12.000 litros)	
	Días de producción	Lun a vie, 8 horas			Lun a lun, de 16 a 24 horas	
	¿Trata efluentes?	No			Sí	
	Energía empleada	Eléctrica y térmica (caldera)			Eléctrica	

Se estimó la HHa en la rutina de ordeño (Tabla II) y aquellos casos que presentan mayor productividad, sus consumos fueron mayores (Caso 1 el mayor: HHa de 22.773,97 a 28.167,43 L/día). Sin embargo, si normalizamos todos los casos al mismo número de vacas a fin de ser comparables y evaluamos su eficiencia de uso de agua por cada kg de LCGP, el mayor fue el Caso 3 y la HHa/kg LCGP (usando la medición más alta de cada uno) fueron, **Caso 1 27,80; Caso 2 27,12; Caso 3 43,55; Caso 4 27; y Caso 5 21,18 L agua/kg LCGP.**

Tabla II. Resultados de HH en tambos, siendo HHa el volumen consumido en sistema de ordeño y limpieza instalaciones y la HHg como el volumen necesario para asimilar cargas contaminantes de los efluentes post ordeño.

Casos	Cultivos	HHa <sup>1</sup>		HHg	
		1° medición (verano)	2° medición (invierno)	1° medición (verano)	2° medición (invierno)
<b>Caso 1</b>	Total (lts/día)	22.773,97	28.167,43	197.562,2	567.069,79
	<b>Total, HH (lts/año)</b>	<b>8.312.500,64</b>	<b>10.281.114,1</b>	<b>72.110.203,5</b>	<b>206.980.476,4</b>
<b>Caso 2</b>	TOTAL (lts/kg/ha)	14.520	17.265,7	45.174,85	58.393,78
	<b>Total, HH (lts/año)</b>	<b>5.299.800</b>	<b>6.301.968,3</b>	<b>16.488.822,9</b>	<b>21.313.730,51</b>
<b>Caso 3</b>	Total (lts/kg/ha)	36.139,49	36.197,64	4.083.280,19	2.209.021,37
	<b>Total, HH (lts/año)</b>	<b>13.190.912,82</b>	<b>13.212.138,97</b>	<b>1.490.397.270</b>	<b>806.292.801,1</b>
<b>Caso 4</b>	Total (lts/kg/ha)	11.573,8	19.012,52	275.377,57	159.067,07
	<b>Total, HH (lts/año)</b>	<b>4.224.464,6</b>	<b>6.939.568,8</b>	<b>100.512.813,3</b>	<b>58.059.484,1</b>
<b>Caso 5</b>	Total (lts/kg/ha)	13.669,23	13.379,71	422515,63	406.626,43
	<b>Total, HH (lts/año)</b>	<b>4.989.267,80</b>	<b>4.883.595,8</b>	<b>154.218.208,4</b>	<b>148.418.648,7</b>

**HHa<sup>1</sup>**: HH azul obtenida mediante mediciones in situ; **HHa<sup>2</sup>**: HH azul por estimaciones realizadas a partir del tiempo (horas), que se empleó la bomba sumergible.

En términos de proporciones, las HHa se acercan a las reportadas internacionalmente (ej. Mekonnen y Hoekstra, 2011), no así para las HHg, siendo más altas en la mayoría de los casos del presente trabajo. Esto podría ser resultado de la gran cantidad de agua que demandan los efluentes generados en comparación a los sistemas lecheros de otros países, donde se ha incorporado sistemas de tratamiento y reúso de aguas o maximizado el sistema de limpieza en seco lo cual reduciría la carga orgánica de los desechos líquidos. Tal es así que, en los resultados de laboratorio de todas las muestras de efluentes, los resultados de sólidos totales fueron excesivamente altos y fue el parámetro que superó el máximo permitido con mayor amplitud. Con respecto a la calidad fisicoquímica de las muestras de agua subterránea, todos los tambos presentan contenidos fuera de los permitidos para consumo humano que, si bien esta agua es empleada para el ordeño y animales, se conoce acerca de los efectos negativos generados sobre estos y en consecuencia en la ganancia de peso y productividad de leche. El Caso 2, presenta la menor calidad en agua.

Observando la Tabla II, en el Caso 1 y 3 la relación entre la 1° medición y la 2° fue en aumento no sólo porque tuvieron un incremento del consumo de agua de limpieza (a diferencia del Caso 2, 4 y 5), sino además los contenidos presentes en los efluentes fueron mayores en la 2° muestra (al revés del Caso 2, 4 y 5) y por defecto la HHg también. Retomando los resultados de dicha HHg, no fue posible observar una tendencia. Aún los casos que disponen de lagunas (Caso 1 y 2) obtuvieron un valor alto (aunque menor que los que no poseen).

Tabla III. Resultados de HH en industrias, siendo HHa<sup>1</sup> una primera visita y HHa<sup>2</sup> la segunda visita. Con la HHg aplica lo mismo.

Casos	HHa <sup>1</sup> (L totales año)	HHa <sup>1</sup> (L/ kg de queso)	HHa <sup>2</sup> (L totales año)	HHa <sup>2</sup> (L/ kg de queso)	HHg <sup>1</sup> (L totales año)	HHg <sup>2</sup> (L totales año)
I1	2.982.610,91	<b>31,06</b>	2.271.436,584	<b>23,66</b>	530.098.288,1	395.175.871,7
I2	24.936.347,37	<b>26,11</b>	21.666.405,3	<b>23,18</b>	106.953.586,9	94.985.520,8

HH<sup>1</sup> de la I1, es una estimación que se obtuvo mediante encuesta, es decir, datos provistos por el dueño.

Debido a que las industrias poseen escalas productivas completamente distintas, los resultados de HHa y HHg no son comparables entre sí (Tabla III). Sin embargo, es importante aclarar que, si afectamos la HH a la variable productiva y evaluamos la eficiencia del uso del agua por cada kilo producido de queso, la I2, resultaría mejor que la I1. La HHg, fue mayor para I1, lo cual era de esperarse ya que esta no posee ningún sistema de tratamiento de efluentes mientras que I2 dispone de lagunas facultativas más aeróbicas dispuestas en serie.

Por otro lado, se evaluó el impacto sobre la disponibilidad y degradación del agua para producir 1 kg de LCGP mediante la estimación de la HA por escasez incluyendo impactos degradativos por su uso (Acidificación y Eutrofización de agua dulce). Como se puede observar en la Tabla IV, la mayor contribución está dada por la categoría de impacto de escasez y mayoritariamente en la etapa agrícola (Figura 1). Esto se debe a características propias de estos sistemas que utilizan altos volúmenes de agua en forma extractiva. Se supone que en la producción ganadera el consumo elevado de bebida animal representaría el mayor porcentaje del impacto por escasez. No obstante, el Caso 1 por ej., demostró que la mayor contribución al impacto por escasez de agua está dada en 1° lugar por el consumo de fertilizantes (nitrogenados y fosforados), en 2°, pero en menor medida, el consumo de gasoil y en 3° lugar, el consumo de agua para bebida animal. En eutrofización, la mayor contribución también está dada por el consumo de productos químicos (el Caso 1, 2 y 4).

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Escasez (L de agua/UF)	68,819	29,23	14,52	10,41	24,24
Acidificación (kg SO <sub>2</sub> eq/UF)	0,00877	0,00248	0,00340	0,00455	0,00412
Eutrofización (kg P/UF)	0,00343	0,00176	0,00082	0,00135	0,00129

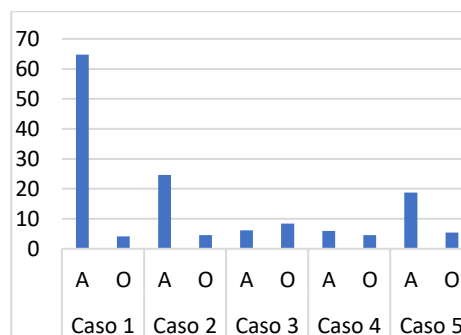


Figura 1. Huella de agua por Escasez (L de agua/UF) evaluada para etapa agrícola y de ordeño.

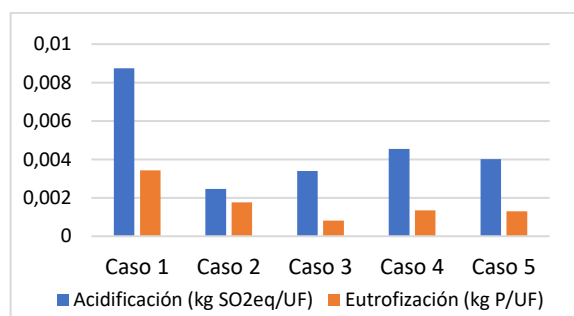


Figura 2. Evaluación de impacto en etapa agrícola.

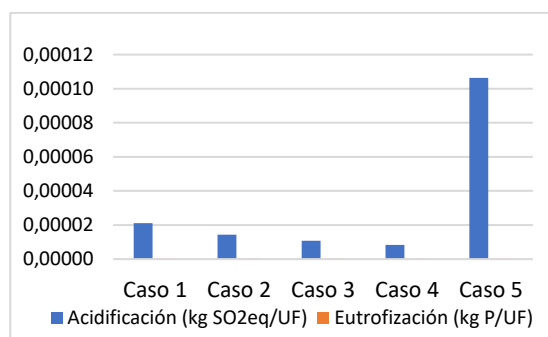


Figura 3. Evaluación de impacto en etapa de ordeño.

En todos los casos, el impacto por eutrofización (Figura 2 y 3) es menor que el de acidificación. El Caso 1 presentó el mayor impacto por acidificación en la etapa agrícola, suponiendo que se debe a que posee los mayores consumos de productos químicos. En la etapa de ordeño, en cambio, el que presentó una mayor contribución por acidificación fue el Caso 5, la cual está asociada a las emisiones del efluente. El mismo además de no estar tratado, queda depositado en un canal abierto y de poca capacidad de retención. Famiglietti et al. (2019), ha arribado a resultados similares analizando tres tambos de características diversas, donde predomina la aplicación de fertilizantes y el manejo de excretas en el impacto por acidificación.

## Conclusiones

- Logró verificarse que el enfoque de HH y HA proveen diferentes escenarios y como están empleados hasta el momento en este trabajo, no son metodologías comparables. Tal es así, que un sistema primario de producción extensiva o TP presentó la mayor eficiencia en la relación L agua/kg LCGP pero el mayor impacto sobre la disponibilidad del agua (AWARE) ya que, en esta última, los consumos y las caudales residuales están ponderados por factores de calidad y estrés hídrico.

- El indicador de HH es una herramienta útil para la valoración del consumo de agua en la producción de leche que permite identificar los mayores consumos y finalmente diseñar medida de mitigación para su reducción, no así para disminuir el impacto a la calidad de los recursos hídricos afectados. El indicador de HA permite no sólo identificar el impacto a nivel consumo de agua sino también el nivel de afectación a la cuenca y al ambiente producto de las emisiones que genera las prácticas y procesos incorporadas al sistema.

- Se refuerza la importancia de continuar validando las metodologías empleadas con la finalidad de que puedan ser comparadas correctamente, ampliar sobre el enfoque de ciclo de vida y al mismo tiempo, complementar el estudio con el enfoque de la economía ambiental y ecológica, aplicando métodos de la valoración económica del uso y deterioro de un bien público como lo es el agua.

## Referencias

APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.

Anschau, R.A., Bongiovanni, R., Tuninetti, L. y Manazza, F. (2015) Huella hídrica de la cadena de maní en argentina. Avances y Estado de Situación en Análisis de Ciclo de Vida y Huellas Ambientales en Argentina, Actas IV Encuentro Argentino de Ciclo de Vida – III Encuentro Argentino de Huella Hídrica. Primera Edición.

Boulay A., Bare J., Benini L., Berger M., Bulle C., Klemmayer I., Lathuilliere M., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Oki T., Ridoutt B., Worbe S., Pfister S. (2015). New scarcity indicator from WULCA: consensus to assess potential user deprivation. BLCA XV Conference, Vancouver.

Código Alimentario Argentino (CAA). (2019). Capítulo XII: BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA.

CEPAL. (2005). Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. Serie Medio ambiente y desarrollo n°118. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Famiglietti J., Guerci M., Proserpio C., Ravaglia P., Motta M. (2019). Development and testing of the Product Environmental Footprint Milk Tool: A comprehensive LCA tool for dairy products. Science of the Total Environment 648 (2019) 1614–1626.

Goedkoop M.J., Heijungs R, Huijbregts M., De Schryver A.; Struijs J., Van Zelm R (2008). ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition Report I: Characterisation; 6 January 2009.

Herrero, A. (2010). Efluentes del tambo, ¿algo molesto a eliminar o un recurso a utilizar? Sitio Argentino de Producción Animal. Producir XXI, Bs. As., 19(230):68-71

Hoekstra, A, A Chapagain, M Aldaya, M Mekonnen, 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. Earthscan, London, Washington, DC.

ISO 14046 (2014). Environmental management-Water footprint-Principles, requirements and guidelines.

Lazzarini B, J Baudracco, G Tuñon, L Gastaldi, N Lyons, H Quattrochi, N Lopez-Villalobos, 2019. Milk production from dairy cows in argentina: Current state and perspectives for the future. App. Anim. Sci. 35, 426-432.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2011. National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.