

## ECONOMÍA AMBIENTAL DEL USO DEL AGUA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL LÁCTEO DEL CENTRO DE SANTA FE (ARGENTINA)

### WATER USE ENVIRONMENTAL ECONOMY IN THE DAIRY AGROINDUSTRIAL SECTOR IN THE CENTER OF SANTA FE (ARGENTINA)

Presentación: 6 y 7 de octubre, 2020

Doctorando:

**Jennerich, Luciana Belén**

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

Director/a:

**Panigatti, María Cecilia**

Co-director/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, abarca el sector primario y manufacturero, y la observación y recopilación de datos, a partir de encuestas personales y visitas. Los métodos de análisis están centrados principalmente en las metodologías de Huella Hídrica (HH) y el Análisis de Ciclo de Vida, pudiendo alcanzar hasta esta instancia, la primera y, enfocada en los sistemas lecheros primarios. La unidad de medida definida es litros de agua /año. Se avanzó sobre la implementación de herramientas diversas y metodologías de cuantificación del consumo de agua, lo cual permitió la obtención de numerosos datos que reflejan la dimensión y la forma con que cada sistema hace uso del recurso, distinguiendo grandes diferencias. Variables de manejo son las que se destacan como más influyentes. El nivel de afectación de los sistemas sobre el recurso hídrico puede ser mejorado y/o reducido en aquellos donde presentan menor eficiencia mediante prácticas y tecnologías que optimicen sus procesos. El estudio del impacto sobre la contaminación del agua, será tarea futura a partir del enfoque de ciclo de vida. Se considera importante continuar trabajando sobre la precisión de los datos, seguido de toma de muestras, medición de caudales y registros.

**Palabras clave:** equidad uso del agua, sistemas lecheros, huella hídrica, eficiencia

#### Abstract

The general objective of the work is to evaluate, from a technical-economic and environmental point of view, the use of the water resource along the dairy chain in the central-western of Santa Fe province. The stages under study cover the primary and manufacturing sector, and the observation and data collection, from personal surveys and visits. The analysis methods are mainly focused on the methodologies of Water Footprint (HH) and the Life Cycle Analysis, being able to reach up to this stage, the first and, focused on the primary dairy systems. The defined unit measure is liters of water/year. Progress was made on the implementation of various tools and methodologies for water consumption quantification, which allowed obtaining numerous data that reflect the size and way in which each system makes use of the resource, distinguishing large differences. Management variables are those that stand out as the most influential. The level of affectation of the systems on the water resource can be improved and/or reduced in those where they present

less efficiency through practices and technologies that optimize their processes. The study of the impact on water pollution will be a future task based on the life cycle approach. It is considered important to continue working on the precision of the data, followed by sampling, flow measurement and records.

**Keywords:** water use equity, dairy systems, water footprint, 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). 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. Al mismo tiempo también esa intensificación requiere de un manejo sustentable del agua que permita un aumento de la productividad de los cultivos forrajeros y evite la contaminación de los cursos de agua y de las napas causada por el mayor uso de agroquímicos.

Por tal motivo, ha surgido la necesidad de construir indicadores y de establecer metodologías que permitan reflejar la dimensión y la forma con que la sociedad hace uso del ambiente. 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. El foco de análisis de la HH es 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 (Franke et al., 2013), de modo de cumplir los estándares de calidad establecidos.

Recientemente, ISO, mediante su 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 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. Para alcanzar dicho fin, 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; Comparar la eficiencia de uso del agua de diferentes sistemas de producción primaria representativos de la Provincia de Santa Fe.

## Desarrollo

Se analizaron cinco sistemas de producción de leche bovina con características distintas. Los mismos se encuentran ubicados en suelos con diferentes índices de productividad (IP), localizados en la cuenca lechera central de la provincia de Santa Fe (Departamento Castellanos y Las Colonias, Argentina).

### Determinación de la HH de los cultivos (abastecimiento interno de alimentos)

Para el cálculo de HH se empleó el enfoque de Hoekstra et al. (2011). Se incluyó la fracción de HH<sub>ve</sub> expresado en términos de cantidad consumida por unidad de alimento producido (litros de agua/kg de alimento obtenido). Esta fracción representa el volumen de agua captada por el cultivo a partir de las precipitaciones, no así el volumen derivado de fuentes subterráneas o superficiales (HH<sub>az</sub>) dado que son todos, cultivos realizados en secano. Estos indicadores, deben calcularse en base a la componente de agua verde (CWU<sub>v</sub>); valores que se deducen del software Cropwat 8.0 (FAO, 2010) introducido por la FAO y aceptado internacionalmente como un método que permite realizar estimaciones de consumo de agua de recursos forrajeros y/o cultivos producidos. Para su determinación es necesario conocer la evapotranspiración del cultivo *ET<sub>c</sub>* (mm/período), la precipitación efectiva *P<sub>ef</sub>* (mm/período) y el rendimiento del cultivo *Y* (kg/ha).

La evapotranspiración de los cultivos se calculó con el software Cropwat 8.0 (FAO, 2010). Para eso, se precisó de una serie de datos como registros climáticos, precipitaciones, suelo e información específica sobre manejo del cultivo. La información meteorológica de los lugares de estudio se obtuvo en Meteoblue y para el caso de los tambos situados cercanos a la localidad de Rafaela, de Informes Agrometeorológicos de INTA. Los datos de suelos se obtuvieron a partir de información disponible del mapa de suelos de la provincia de Santa Fe (INTA, 2020) y los faltantes, estimados con ecuaciones de edafotransferencia generadas para estos suelos (Imhoff et al., 2016; Pilatti & Orellana, 2016). Los datos de manejo de los cultivos fueron de la campaña 2017-2018 y una parte de ellos fueron suministrados por los responsables de los tambos mediante entrevistas personales mientras que, los restantes extraídos de la base de datos de la FAO. Con respecto a los resultados productivos de los cultivos, algunos de ellos corresponden a datos provistos directamente por los productores, pero los restantes fueron escogidos valores referenciales a partir de informes técnicos de manejo de estaciones experimentales de INTA aplicando un  $\pm 10\%$  para aquellos casos donde el suelo es deficitario o superando la aptitud del suelo de dichos ensayos.

Por otra parte, se estimó la HH gris (HH<sub>g</sub>) correspondiente al volumen necesario para diluir la carga contaminante derivada de la aplicación de sustancias químicas al suelo. En este estudio, se considera solo la fertilización con especies nitrogenadas (UREA, DAP - diamónico-, sulfato de amonio, superfosfato triple de amonio, nitrógeno líquido) y se considera el nitrato como contaminante. Para ello, se precisa disponer de un valor denominado  $\alpha$  (%), que corresponde a la fracción de químicos aplicados que alcanzan cuerpos de agua dulce el cual va a variar en gran medida por el tipo del suelo y la profundidad de la napa. Este no fue estimado, sino se tomó un valor de referencia de acuerdo a las características de la zona ( $\alpha = 10\%$ ). Por otro lado, debe conocerse la cantidad de producto que se aplica al suelo para cada caso analizado, cuál es la concentración máxima permitida en el cuerpo de agua receptor (tomando como referencia Código Alimentario Argentino, 2019) y cuál la concentración natural presente en el cuerpo de agua receptor.

### Determinación de la HH derivada de los animales y sistema de ordeño

Otro de los factores a tener en cuenta de acuerdo a la metodología de HH, y que tiene relación estrecha con los cultivos, es el volumen de agua indirecto captado por los animales del rodeo a partir de la ingesta de los forrajes. Para eso, es necesario saber cuál es el forraje consumido por animal por día y la oferta forrajera total producida dentro del establecimiento. Luego, se vinculan estas variables al valor correspondiente de HH<sub>ve</sub> de los cultivos analizados, obteniendo así el consumo efectivo por parte del rodeo del tambo para las distintas categorías de animales. Se estimó la HH<sub>az</sub> para consumo de agua directo (bebida) y la que corresponde al consumo o uso extractivo para el funcionamiento y limpieza del sistema de ordeño, y además para limpieza de instalaciones del tambo (sala de ordeño y pisos). En esta instancia no se calculó la HH<sub>g</sub>, correspondiente al volumen necesario para diluir la carga contaminante generada a partir de los efluentes obtenidos de la limpieza.

## Resultados y discusión

En la Tabla I, se presentan las características de los sistemas analizados. Extensión en hectáreas de cada establecimiento y características de los suelos (empleadas para la determinación de consumo de agua de cultivos, CROPWAT 8.0). Otra de las características que se consideró relevante al momento de describir los sistemas lecheros es la relación forraje-concentrado, cuyo parámetro permite representar de manera global cómo se encuentra conformada la dieta de los animales y caracterizarlo por más o menos intensivo en su uso de concentrados y, por último, la cantidad de vacas en ordeño que disponen en el sistema. Los resultados obtenidos (Tabla II) demuestran, el impacto volumétrico del uso del agua representado en la HH<sub>ve</sub> de los cultivos, valores que luego, se verían reflejados en la HH total del producto final del sistema (leche). Los escenarios son notablemente distintos y los resultados son diversos. Por lo tanto, en primera instancia y observando los resultados, se corrobora la complejidad de los sistemas productivos primarios, ya que los escenarios posibles,

dependerán de la finalidad de lo que se desea estudiar, del nivel de rigurosidad de los datos que se disponen, del manejo operativo que cada empresa realice y de los sistemas de producción que se opte llevar adelante.

Tabla I: Descripción de los establecimientos tamberos seleccionados para el estudio.

<b>Casos</b>	<b>Caso 1</b>		<b>Caso 2</b>		<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>	<b>Caso 5</b>
Nombre del suelo	<i>Argialbol típico serie Castellanos</i>	<i>Argiudol típico serie Rafaela</i>	<i>Argiudol ácuico serie Lehmann</i>	<i>Argiudol típico serie Rafaela</i>	<i>Argiudol típico serie Rincón de Ávila</i>	<i>Natracualf típico serie Aurelia</i>	<i>Argiudol ácuico Serie Humboldt</i>
<b>Características de suelo</b>							
Índice de Aptitud	57	82	75	82	81	8	75
Humedad del suelo disponible total (mm/m)	169	170	176	170	168	156	163
Tasa máxima de infiltración (mm/d)	189,1	234	199,2	234	233,5	225,7	186,6
Profundidad radicular máxima (cm)	94	121	103	121	121	80	118
<b>Hectáreas totales</b>	143	15	125	15	218	202	200
<b>Relación forraje-concentrado (Rf:c) en la dieta (%)</b>	90:10		60:40		88,5:11,5	100:0	74:26
<b>Vacas en ordeño (VO)</b>	170		96		216	185	198
<b>Litros de leche/día</b>	8799,2		5433,6		10472	5928	7200

La HH total de los cultivos, considerando la HHve<sup>2</sup> (ver Tabla II) y HHg fue para el Caso 1, 2062,8; Caso 2, 1805; Caso 3, 3139,8; Caso 4, 5269,1 y Caso 5, 2902,1 L/kg/ha respectivamente. De la misma manera como se expone en trabajos anteriores (Manazza 2012; Manazza y Diaz, 2013), a mayor nivel de intensificación del sistema de alimentación, menor es el valor de HHve de la oferta forrajera. Al mismo tiempo, en casos donde los rendimientos son más elevados, el resultado de HHve disminuye. Analizando los resultados de las ETc y ETa de cada cultivo, se observan amplias diferencias. Las mayores variabilidades en sus resultados están dadas por los datos específicos de suelo, el tipo de sistema y las prácticas de manejo realizadas. Esto permite destacar la importancia de la disponibilidad de información confiable al momento de emplear la metodología de HH. La HHg, si bien se calculó sólo para las especies nitrogenadas, representó el menor valor de la HH total, escenario que coincide con estudios previos (Charlón, et al., 2015). Por otro lado, y referido a la ausencia de la HHaz derivado del riego, si se plantea un escenario hipotético donde se evalúa la necesidad de agua insatisfecha se observa en el software que, aquellos cultivos que se desarrollarían en sistemas con mejor aptitud de suelo, el requerimiento de riego hubiera sido menor.

Otra de las cuestiones relevantes es la gran incidencia del consumo del agua azul dentro de los establecimientos. Si bien (como era de esperarse), se desdibuja por los amplios valores de consumo de agua por parte de los cultivos, éstos últimos se dan por un proceso natural, en cambio, los consumos de agua azul son de manera extractiva directa de las fuentes de agua subterráneas. En cuanto al valor de HHaz de bebida animal, los escenarios son muy diversos, ya que varía de acuerdo al número total de animales que disponen, cómo esas cantidades se distribuyen en las categorías por peso y cómo está conformada la ración de alimento de cada uno de ellas. Sin embargo, no se desconoce la importancia de la influencia del sistema de alimentación, en el consumo de bebida. Según Charlón et al. (2015), el consumo de agua de bebida animal fue en aumento a medida que crecía la escala de producción. En estos sistemas, los mayores valores fueron en el Caso 3, Caso 1 y Caso 5, donde la producción de leche es mayor.

Si se analizan los resultados globales de HHaz del sistema de ordeño, se observó que aquellos casos donde la producción de litros totales de leche por día es mayor, o bien, que disponen de un Equipo de Frío con capacidad de almacenamiento sobreestimada, los resultados de consumo de agua son notablemente mayor. Existe una situación común para todos los casos, y es 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 de agua para limpieza de pisos, el cual va a depender fundamentalmente del rol operativo y diseño de infraestructura empleada en cada sistema.

Tabla II. Estimaciones de Evapotranspiración potencial del cultivo en condiciones estándar (ETc), Evapotranspiración real del cultivo con incidencia del factor suelo (ETa) y sus respectivos valores de HH.

Estudios de casos	Cultivos	ETc	ETa	HHve <sup>1</sup>	HHve <sup>2</sup>	HHg	Consumo animal de agua derivado de alimentos (litros H <sub>2</sub> O totales/ total de animales)	Consumo	HHaz
		(mm/ período)	(mm/ período)	(litros/ kg/ha)	(litros/ kg/ha)	(litros/ kg de producto aplicado)		Consumo directo de H <sub>2</sub> O (bebida) (litros/año/ total rodeo)	Volumen consumido en sistema de ordeño y limpieza instalaciones (lts/año)
Caso 1	Alfalfa	713,1	594,7	500,5	674,2				
	Maíz para silo	337,6	333,7	203,3	241,1	54,24	3221,9		
	Trigo	158,4	106,3	135,3	158,2	95,95			
	<b>TOTAL (lts/kg/ha)</b>			<b>839,1</b>	<b>1073,5</b>	<b>150,2</b>			
	<b>Total huellas (lts/año)</b>			<b>396517929</b> <sup>3</sup>		<b>4705,84</b>		<b>7219537,4</b>	<b>9457921,2</b>
Caso 2	Alfalfa	713,1	614,6	433,7	591,7				
	Trigo	158,4	109,3	113,8	150,6	85,29	3876,7		
	Maíz para silo	337,6	333,5	176	206	47,95			
	<b>TOTAL (lts/kg/ha)</b>			<b>723,5</b>	<b>948,3</b>	<b>133,2</b>			
	<b>Total huellas (lts/año)</b>			<b>441264120</b>		<b>2105,1</b>		<b>5174840</b>	<b>6299028,7</b>
Caso 3	Alfalfa	741,9	695,1	370,16	579,25				
	Ryegrass	469,8	338,8	285,38	423,5				
	Maíz para silo	350,6	270,8	96,8	124,6	106,41	17944,3		
	Trigo	158,9	123,4	88,5	112,2				
	Soja para silo	410	342,1	383	570,1				
	<b>Total (lts/kg/ha)</b>			<b>1223,8</b>	<b>1809,6</b>	<b>106,4</b>			
	<b>Total huellas (lts/año)</b>			<b>565370700,2</b>		<b>8512,8</b>		<b>14497592,3</b>	<b>10790988,85</b>
Caso 4	Avena	184,3	183,3	174,5	305,5	59,05			
	Maíz para silo	346,4	247,2	148,2	189,5	75,93			
	Sorgo para silo	352,6	282,8	319	471,3		5519,4		
	Soja tierna pastoreo	435,7	291,2	681	970,6				
	Moha	330,7	233,7	305	467,4				
	Alfalfa	757,8	582,2	455,3	646,9				
	<b>Total (lts/kg/ha)</b>			<b>2083</b>	<b>3051,2</b>	<b>134,9</b>			
	<b>Total de huellas (lts/año)</b>			<b>784848000</b>		<b>3381,1</b>		<b>5790456,5</b>	<b>6438907,7</b>
Caso 5	Alfalfa	774	674,2	404,7	612,9	11,18			
	Maíz para grano	397,9	305,7	234	382,12		8105,4		
	Maíz para silo	376,4	274,5	125,6	148,55				
	Soja para silo	417,2	328,9	412,6	548,16	22,37			
	<b>Total (lts/kg/ha)</b>			<b>1176,9</b>	<b>1691,7</b>	<b>33,5</b>			
	<b>Total de huellas (lts/año)</b>			<b>786739000</b>		<b>1352,9</b>		<b>11795183,9</b>	<b>7975406,22</b>

HHve<sup>1</sup>: huella hídrica verde obtenida a partir de la ETc (litros de agua/kg producido de alimento/ha); HHve<sup>2</sup>: Huella hídrica obtenida a partir de la ETa (litros de agua/kg producido de alimento/ha). <sup>3</sup> Los valores totales de HHve están expresados en litros de agua/kg de alimento producido por hectárea/total de hectáreas de cada cultivo.

Los valores de consumo de agua por parte de los cultivos, pueden ser mejorados realizando planes de siembra, acompañado del uso de sistemas de monitoreo y predicciones (herramientas sencillas de mapas de riesgo, monitoreos de alerta según pronósticos extendidos, déficit humedad del suelo según zona geográfica), entre otros. Numerosos trabajos previos coinciden que el foco de análisis radica en el consumo de agua derivado del sistema de ordeño y la sala del tambo, porque es allí donde depende totalmente de la gestión y manejo del personal, al igual que de las tecnologías adoptadas y el estado de sus instalaciones. Uno de los siguientes pasos, será el monitoreo y medición de caudales para distinguir en cada caso particular cuáles son los puntos críticos y de qué manera puede asistirse, mediante herramientas de control, propuestas alternativas y estrategias prácticas, para disminuirse o eficientizar su consumo.

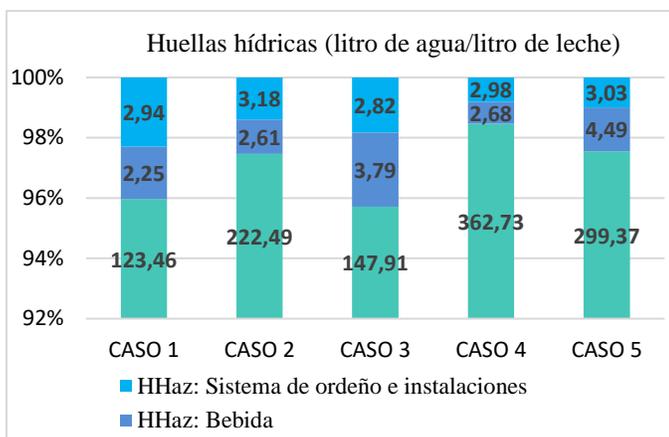


Figura 1. Resultado HH total para los casos estudiados.

Finalmente, si se analiza los consumos totales de HH en relación a la producción lechera anual, puede inferirse de manera general, que los Casos 1 y 3 fueron los que presentaron mayor eficiencia en su consumo total de HH (Figura 1).

## Conclusiones

La metodología empleada permite rápidamente visualizar cómo se comporta los componentes de cada sistema y distinguir cuáles son los mayores consumos de agua. Realizar un diagnóstico de las empresas, es el puntapié inicial para entender dónde están las posibles fallas y cómo se puede mejorar dichos resultados. Para eso, es importante el empleo de metodologías como la de HH, la cual brinda una perspectiva general de la presión que cada empresa ejerce sobre el recurso hídrico. Por otro lado, se refuerza la importancia de continuar investigando en

el tema, dado que es una problemática no considerada como tal, para muchos de los que integran la cadena agroalimentaria, principalmente para quienes se encuentran en el primer eslabón; es decir, los que trabajan en la empresa a cielo abierto, el productor. Para ello, es importante seguir afianzando la precisión de los casos estudiados, y principalmente, comenzar con la toma de muestras, medición de caudales y registros. El empleo de la metodología de HH y ACV se transforman en instrumentos útiles que, complementados con mejoras en prácticas de manejo, pero al mismo tiempo también, acompañados por una legislación específica, regulaciones/incentivos o gestión integrada de los recursos hídricos, pueden permitir una reducción del consumo de agua, un uso eficiente y menor contaminación de la misma.

## Referencias

- 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.
- 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.
- Charlón V, J.F Manazza, M.P Tieri, 2015. Huella hídrica en tambos según diferentes sistemas de producción. Avances y estado de situación en el análisis de ciclo de vida y huellas ambientales en Argentina- Actas de ENARCIV 2015.
- Franke, N.A., Boyacioglu, H. and Hoekstra, A.Y. (2013) Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines, Value of Water Research Report Series No. 65, UNESCOIHE, Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, A, A Chapagain, M Aldaya, M Mekonnen, 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard. Earthscan, London, Washington, DC.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2020. Visor GeoINTA: Mapas de suelo, perfiles y coberturas de suelos, imágenes y bases de datos georeferenciadas. Available at: (<http://geointa.inta.gov.ar/visor2/?p=96>) [Accessed March. 11, 2020].
- ISO 14046 (2015). Environmental management-Water footprint-Principles, requirements and guidelines.
- Lazzarini B, J Baudracco, G Tuñón, 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
- Manazza, J.F 2012. Cuantificación y valoración económica del uso consuntivo del agua en los principales productos de las cadenas lácteas de La Pampa y San Luis. – 1ª ed. – San Luis: Ediciones INTA, 2012.
- Manazza, J.F y J.R Diaz, 2013. Aproximación al análisis de eficiencia de uso de agua en sistemas ganaderos bovinos. <https://www.researchgate.net/publication/276919832>.
- Pilatti M.A y J.A de Orellana, 2016. Hacia una clínica de suelos: Mirando al suelo con ojos de planta. Edic. Colección ‘Cátedra’ UNL, 280 pp. ISBN: 978-987-657-959-9.