

NOTA TÉCNICA

Uso de agua para limpieza en una lechería del Valle Central de Costa Rica¹

Jorge Alberto Elizondo-Salazar² y David Ernesto Marín-Hernández³

RESUMEN

La producción pecuaria a nivel mundial consume aproximadamente un tercio del agua de la actividad humana y 98% de la huella hídrica para producción animal es el agua requerida para producir su alimento. Parte del agua utilizada en los sistemas lecheros corresponde al agua de lavado y en Costa Rica no se cuenta con suficiente información de este tipo, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo generar información con respecto al uso de agua de lavado en la lechería de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica. El estudio se llevó a cabo durante el segundo semestre del 2018. Se establecieron tres indicadores de eficiencia que consideraron cuatro variables: agua utilizada para lavado de instalaciones, superficie de piso expuesto a la excreción, animales presentes, y excretas generadas en las instalaciones. Los tres indicadores fueron: agua utilizada por kilogramo de excreta generada, agua utilizada por animal y agua utilizada por unidad de superficie. Para el primer indicador, se obtuvo un valor de 12,0 litros de agua por kilogramo de excreta generada; para el segundo indicador un valor de 104,0 litros por animal y finalmente para el tercer indicador, el agua utilizada por metro cuadrado de área expuesta fue de 7,3 litros. La información generada puede servir de insumo para crear herramientas con el fin de identificar opciones para maximizar el uso y conservación del agua en los sistemas ganaderos para producción de leche.

Palabras clave: Ganado de leche, huella hídrica, ambiente, escasez de agua, sostenibilidad.

¹Este trabajo formó parte del proyecto de investigación 737-B5-188 inscrito en la Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

²Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. Autor para correspondencia: jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2603-9635>)

³Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador, El Salvador. Correo electrónico: marinhde@gmail.com

ABSTRACT

Use of cleaning water in dairy cattle farms in the Central Valley of Costa Rica.

Livestock production worldwide consumes approximately one third of the water of human activity and 98% of the water footprint for animal production is the water required to produce their feed. Some of the water used in milk production systems corresponds to cleaning water and in Costa Rica there is not enough information of this type, so this work aimed to generate information regarding the use of cleaning water in the Alfredo Volio Mata Dairy Cattle Experiment Station of the University of Costa Rica. The study was carried out during the second semester of 2018. Three water use efficiency indicators were established that considered four variables: water used for cleaning facilities, floor area exposed to fecal excretion, animals present, and excreta generated in the facilities. The three indicators were: water used per kilogram of excreta generated, water used per animal and water used per unit area. For the first indicator, a value of 12.0 liters of water per kilogram of excreta generated was obtained; for the second indicator a value of 104.0 liters of water per animal was generated and finally, for the third indicator, the water used per square meter was 7.3 liters. The information generated can serve as an input to create tools in order to identify options to maximize the use and conservation of water in livestock systems for milk production.

Key words: Dairy cattle, water footprint, environment, water scarcity, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Existen preocupaciones concernientes al cambio climático, la escasez global de agua y el reto de llenar los requerimientos dietéticos de una creciente población mundial hacia los nueve billones de habitantes que están haciendo que muchas personas se cuestionen la sostenibilidad de los sistemas actuales de producción de alimentos, especialmente el papel de productos cárnicos y lácteos (Steinfeld et al., 2006; Baroni et al., 2007; Marlow et al., 2009).

Esto está creando una demanda masiva por indicadores basados en ciclos de vida que puedan soportar patrones sostenibles de producción (Munasinghe, 2010). El ejemplo más conocido es la huella de carbono, que se ha popularizado en diversos negocios y se convertirá en una herramienta de venta en muchos mercados. Paralelo a la huella de carbono, el interés en la huella hídrica también se ha venido desarrollando en los últimos años debido a la creciente preocupación de que el agua fresca se ha convertido en un bien escaso que se ha sobreexplotado en muchas partes del mundo, amenazando con cambios irreversibles al ambiente e impactos negativos en el bienestar de la humanidad (Rockström et al., 2009; Ridoutt y Pfister, 2010).

El uso del agua para consumo humano ha incrementó seis veces en el curso del siglo 20, lo que correspondió al doble del crecimiento de la población y es claramente insostenible (UN Water, 2006). Algunas encuestas públicas indican que el agua tiene una prioridad global superior al cambio climático (Circle of Blue and Globescan, 2009) y por lo tanto existe un claro reconocimiento de que los efectos de los sistemas de producción y los patrones de consumo sobre los recursos acuáticos deben disminuir en intensidad.

Con respecto a la producción animal, la intensificación de la producción ha resultado en efectos negativos para el ambiente, la disponibilidad de alimentos, las poblaciones rurales, la biodiversidad y el bienestar animal (Fraser, 2008; Croney y Anthony, 2011), resultando en una gran crítica para la industria de productos de origen animal por movimientos de protección social, ambiental y animal.

Globalmente, la agricultura es una de los mayores consumidores de agua (70%), por lo que la escasez de este líquido podría tener profundos efectos sobre la producción de alimentos (Godfray et al., 2010; Strzepek y Boehlert, 2010). La producción pecuaria consume aproximadamente un tercio de la huella de agua de la actividad humana

(Mekonnen y Hoekstra, 2012), y 98% de la huella hídrica para producción animal es el agua requerida para producir su alimento (Shiklomanov, 2000).

Para comprender mejor el tema sobre el uso de agua en fincas lecheras, la huella hídrica de acuerdo al Water Footprint Network, se puede cuantificar como la suma del uso de tres volúmenes de agua a lo largo de toda la cadena de suministro de un producto y comprende el consumo de humedad del suelo resultado de la evapotranspiración (agua verde), el consumo o evaporación de agua subterránea y superficial (agua azul), y el grado de contaminación del agua dulce debido a las descargas de aguas residuales (aguas grises) (Hoekstra y Chapagain, 2008). El agua verde y azul representan el agua consumida y el agua gris representa la emisión.

Es claro que los diversos sistemas de producción pecuaria difieren en la cantidad de agua utilizada por animal y en la manera de satisfacer tal necesidad. En Nueva Zelanda por ejemplo, se han reportado consumos que oscilan entre 345 y 1084 litros de agua por kilogramo de leche corregida por grasa y proteína (Zonderland-Thomassen y Ledgard, 2012). También en Irlanda, se realizó un estudio de huella hídrica en 24 fincas lecheras que en promedio consumieron 690 litros de agua por kilogramo de leche corregida por grasa y proteína, oscilando entre 534 y 1107 litros (Murphy et al., 2017). Estos últimos autores cuantificaron que el agua requerida para la producción de forraje contribuyó al 85% de la huella hídrica, 10% para la producción de forraje importado (heno y ensilado), 4% para la producción de concentrado y 1% para uso de agua en la explotación.

La gran variación que se presenta entre estos y otros estudios, se debe básicamente a diferencias en las presunciones que tienen que ver con la composición y cantidad de alimento consumido por los animales, las fuentes y producciones de alimento y la variabilidad de las salidas dentro de los sistemas de producción.

Para conocimiento de los autores, no existen datos publicados de nuestro país, que hagan referencia a la cantidad de agua necesaria para producir un litro de leche y que permitan aumentar la sostenibilidad de la producción reduciendo el uso de este recurso para mejorar el mercadeo de productos lácteos y es necesario iniciar el proceso considerando aspectos básicos.

Uno de los rubros que conlleva mayor consumo de agua, es para fines de limpieza de instalaciones (piso, corrales, etc.), con el agravante de que no es agua reutilizada, ya que

generalmente proviene directamente de fuentes naturales (Iramain et al., 2001) y a nivel de país se tiene normativa como el plan de aplicación de purines como fertilizante que promueve el uso eficiente del recurso hídrico y establece no utilizar más de cuatro litros de agua por cada kilogramo de excreta encontrado en las instalaciones físicas en el proceso de lavado (Decreto Ejecutivo 37017, 2012). No obstante, no existe normativa clara referente al consumo de agua en lecherías que demuestren la eficiencia de estos sistemas para las diferentes actividades de servicio, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo generar información con respecto al uso de agua de lavado en la lechería de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, de manera que sirva como insumo con el fin de iniciar un proceso sistemático de registro de datos, que junto con información de otros estudios que se puedan realizar, puedan ser utilizados para elaborar reglamentaciones más claras que ayuden a proteger el recurso hídrico.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, ubicada en el Alto de Ochomogo en la provincia de Cartago con coordenadas geográficas 9°55'10" latitud norte y 83°57'20" longitud oeste. Su altitud es de 1542 msnm, con una precipitación media anual de 1500 mm, distribuida de mayo a noviembre y una humedad relativa media de 84%. La temperatura media anual es de 19,3°C; con una máxima de 23°C y mínima de 13°C.

Para este estudio se utilizaron 40 vacas en ordeño de la raza Jersey, con una producción diaria promedio de 19,6 litros y con un peso promedio de 446,0±52 kg y 20 animales en etapa no productiva con un peso promedio de 412,0±107. La investigación en su fase de campo se llevó a cabo durante el primer semestre del 2018, con mediciones de uso de agua para lavado cada 15 días.

Variables para el análisis de las unidades productivas

Se determinaron 4 variables a saber:

Cantidad de animales presentes en las instalaciones:

Se realizó un levantamiento del inventario animal en el que se determinó el peso vivo con báscula y el tiempo de permanencia de los animales durante el día en áreas de confinamiento.

Superficie de piso cementado con exposición de excreta bovina (m²):

Para determinar el área de superficie (m²) cementada expuesta a las excreciones bovinas y que son removidas con el uso de agua, se procedió a utilizar una cinta métrica y a realizar cálculos manuales de todas las áreas.

Excreción generada del hato en instalaciones (kg/día):

A partir del inventario de animales, el peso vivo, y la duración de estancia en las instalaciones; se aplicó la fórmula de cuantificación de excretas, propuesta por el SENASA (Decreto Ejecutivo 37017, 2012):

$$N \times PV \times 8\% \times \left(\frac{HP}{24}\right) = \text{Excretas en instalaciones}$$

En donde:

N = Número de animales que se encuentran en instalaciones parcial o permanentemente

PV = Peso vivo promedio de los animales (kg)

8 % = Porcentaje del peso vivo, relacionado a la excreción diaria de un vacuno

HP = Horas diarias de permanencia en las instalaciones

Agua utilizada para lavado de excretas (l/día):

Para realizar la cuantificación del volumen de agua se procedió a medir la duración de los tiempos de lavado, desde la apertura de llaves, hasta el cierre de las mismas. La duración

de llaves abiertas se multiplicó por el caudal disponible de agua en la salida de la manguera. Dicho caudal se determinó llenando un recipiente de volumen conocido en un tiempo determinado ($l.s^{-1}$).

A partir de las variables anteriores, se generaron tres indicadores de eficiencia del uso de agua para lavado de instalaciones:

1. Relación volumen de agua utilizada respecto a la excreción generada en las instalaciones ($l.kg^{-1}$).
2. Relación volumen de agua utilizada respecto a los animales generadores ($l.animal^{-1}$).
3. Relación volumen de agua utilizada respecto al área de exposición de excretas ($l.m^{-2}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Costa Rica, las actividades agropecuarias consumen el 21% del agua disponible (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2016). Los sistemas lecheros, participan activamente del consumo del recurso hídrico y el agua total utilizada en las lecherías normalmente se divide en tres áreas: agua para consumo de los animales, agua para uso en la sala de ordeño e instalaciones y agua para riego. Uno de los rubros que conlleva mayor consumo de agua, es para fines de limpieza de las instalaciones (piso, corrales, etc.).

Las discusiones con respecto al uso de agua para lavado de excretas en instalaciones lecheras, se centran en el manejo y disposición final de los purines, con su respectivo potencial de contaminación (Decreto Ejecutivo 33601 MINAE-S, 2007; Decreto Ejecutivo 37017, 2012), tomando en cuenta ciertos aspectos de importancia, pero dejando de lado otros factores que se podrían considerar con el fin de reducir la cantidad de agua que se utiliza.

Dichos lineamientos legales para el uso racional de agua en instalaciones, se cuantifican de dos maneras: dotación diaria de agua por animal, que se ha establecido en 130 l por animal (SENARA, 2004), y la relación agua:excreta que debe ser como máximo de 4:1 (Decreto Ejecutivo 37017, 2012). Estos lineamientos no toman en consideración aspectos como el área de deposición de las excretas ni las escalas de producción, entre otras; que

son factores influyentes en relación con los volúmenes de agua para lavado en instalaciones lecheras.

A pesar de la importancia del agua para los diferentes sectores productivos, Costa Rica carece de estudios que hagan mención al consumo actual de agua para lavado de excretas, bajo los diferentes modelos de producción lechera, por lo que poder generar información sobre el consumo de agua para lavado de excretas en instalaciones lecheras, permite dimensionar parcialmente la demanda del recurso hídrico en esta actividad.

Inventario de animales y estimación de la producción de excretas en las áreas de confinamiento

A partir de la evaluación de los pesos de los animales, y el cálculo de los tiempos de las actividades en las que las vacas se encuentran confinadas bajo techo, se logró determinar que en la Estación Experimental hay dos grupos diferentes de animales que generan excretas en las instalaciones, a saber; Grupo 1: 40 vacas en ordeño que pesaron en promedio $446,0 \pm 52$ kg, permanecen ocho horas en confinamiento (Figura 1) y tuvieron en total una producción estimada diaria de excretas en las instalaciones de 476 ± 56 kg ($11,9 \pm 1,4$ kg por animal), Grupo 2: 20 animales en las que se incluyen las vacas secas, las vacas prontas y las novillas de primer servicio que pesaron en promedio $412,0 \pm 107$ kg, permanecen dos horas en confinamiento y tuvieron una producción diaria de excretas en las instalaciones de $55,0 \pm 14$ kg ($2,7 \pm 0,7$ kg por animal), por lo que la producción total diaria de excretas para ambos grupos en las instalaciones fue de $531,0 \pm 70$ kg.

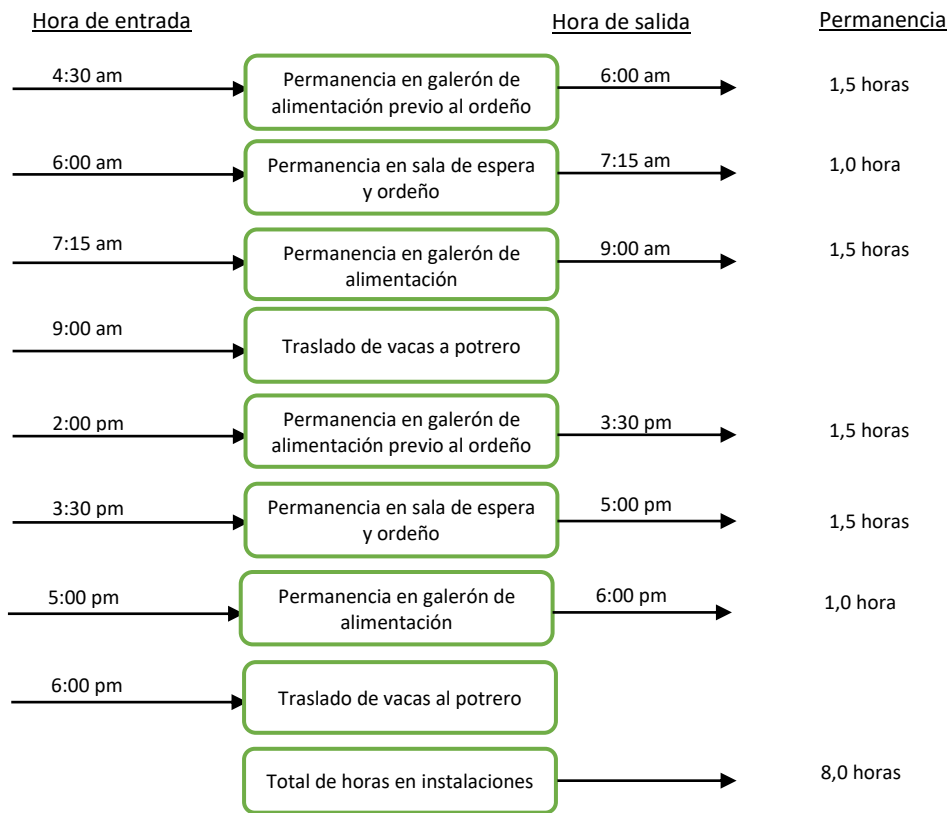


Figura 1. Desglose de tiempo en el que las vacas permanecen en las instalaciones.

Delimitación de las áreas de superficie (m²) cementada expuestas a las excreciones

Con ayuda de una cinta métrica, se midieron todas aquellas áreas expuestas a las excreciones y que son removidas con el uso de agua (Cuadro 1). Estas áreas incluyeron la sala de ordeño, los patios de espera, salida y pasillos, el área de alimentación, el área del toro y estancia de vacas recién paridas, lo que dio un total de 851,0 m².

Cuadro 1. Dimensiones de las diferentes áreas en las que permanecen los animales y requieren de lavado diario.

Descripción	Área (m ²)
Sala de ordeño	87,0
Patios de espera, salida y pasillos	426,0
Área de alimentación	213,0
Área del toro y estancia de vacas recién paridas	121,0
Área total	851,0

Cantidad de agua utilizada para el lavado de excretas y lavado del equipo de ordeño

A partir de las mediciones realizadas, se pudo establecer que en total se gastaron 6247,0 litros de agua al día para el lavado del equipo de ordeño y para la limpieza de las instalaciones donde defecan los animales (Cuadro 2), y se generaron los tres indicadores de eficiencia de uso de agua, resultando que se utilizaron 12,0 litros de agua por kilogramo de excreta generada en las instalaciones, 104,0 litros de agua por animal.d⁻¹ y 7,3 litros de agua por metro cuadrado.

Tal como se mencionó anteriormente, para Costa Rica, la recomendación de la dotación de agua promovida por el Estado, a través del SENARA (2004), plantea que se debe utilizar un máximo de consumo de agua por animal de 130,0 l.d⁻¹, sin embargo, no especifica el estado fisiológico del animal, lo cual puede traer gran confusión para los productores o técnicos. Así mismo, la recomendación anterior, asume un comportamiento lineal de dicho indicador, omitiendo variaciones por escalas de producción u otras variables influyentes en los procesos de lavado de excretas en instalaciones lecheras.

Cuadro 2. Volumen de agua diario utilizado para el lavado de excretas e indicadores de consumo.

Descripción	Volumen, litros	Porcentaje, %
Lavado del equipo de ordeño	500,0	8,00
Sala de ordeño	940,0	15,05
Patios de espera, salida y pasillos	1984,0	31,76
Área de alimentación	1575,0	25,21
Área del toro y estancia de vacas recién paridas	1248,0	19,98
Total	6247,0	100,00
Indicadores		
Litros por kilogramo de excreta	12,0	
Litros por animal por día	104,0	
Litros por unidad de área (m ²)	7,3	

Para considerar valores obtenidos en otros países, Sweeten y Wolfe (1994), evaluaron once fincas lecheras en Texas-Estados Unidos, con manejos diferentes de excretas en instalaciones y una cantidad de vacas en ordeño que osciló entre 150 y 1300. Los autores reportaron un promedio de volumen de uso de agua de 149,9 l.animal⁻¹.d⁻¹ para un rango que varió de 47 y 259 l.animal⁻¹.d⁻¹. Por su parte en Argentina, Iramain et al. (2001) reportaron valores entre 18 y 23 l.animal⁻¹.d⁻¹, González et al. (2008) en Uruguay obtuvo datos por animal entre 25 y 100 l.d⁻¹ y Dairy Co (2009) entre 5 a 50 l.d⁻¹ para Reino Unido.

Con respecto a la cantidad de agua utilizada por kilogramo de excreta generada, Dumont (2006) y Paniagua-Madrigal (2006), mencionan valores de 4,7 y 2,8 l.kg⁻¹, respectivamente. Sin embargo, el valor de 2,8 l.kg⁻¹ de excreta, se obtuvo luego de implementar prácticas eficientes de consumo de agua, para favorecer el ahorro del recurso, ya que inicialmente el valor reportado fue de 26 l.kg⁻¹ de excreta.

El Decreto Ejecutivo 37017 (2012) establecido por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) de Costa Rica, recomienda la utilización de 4,0 l.kg⁻¹ de excreta y está claro que esta explotación sobrepasa dicha norma, por lo que se hace necesario establecer medidas que reduzcan drásticamente el uso de agua para lavado, tomando en

consideración la presión del agua, el diámetro de la manguera, la superficie del piso sobre la que se encuentra la excreta, las condiciones climáticas, entre otros.

Para la cantidad de agua utilizada por área, Iramain et al. (2001) reportaron valores entre 22 y 40 l.m⁻², datos superiores a los encontrados en el presente estudio (7,3 l.m⁻²). Tal como se puede apreciar, dos de los indicadores obtenidos en esta explotación se encuentran dentro de valores normales, pero uno está por encima de lo que establece la normativa nacional. En un estudio realizado en nuestro país, en 23 fincas en la zona de Zarcero, se obtuvo un rango de 2,7-27,0 litros de agua por kilogramo de excreta generada; una mediana de 58,5 litros de agua por animal con un rango de 23,0 a 149,5; y entre 4,7 y 40,6 litros por metro cuadrado (Castro-Calderón y Elizondo-Salazar, 2019).

Tener conocimiento al menos parcial de la huella hídrica en los sistemas de producción de leche tiene una serie de implicaciones sociales, económicas y ambientales que tienen que ver con oportunidades de mejora en su uso y eficiencia, especialmente en lugares de escasez, lo que a su vez debe permitir el desarrollo de estrategias para planificar mejor el uso de la tierra tanto a nivel de finca como a nivel regional. Otro aspecto de suma importancia es que al tener indicadores de este tipo, puede constituirse en una estrategia de mercadeo al igual que en una herramienta para canalizar fondos públicos o privados para la actividad, especialmente al considerar que un manejo inapropiado del recurso hídrico puede conllevar a una mala imagen del sector, puede incrementar las regulaciones estatales, tener consecuencias económicas debido a la contaminación y por supuesto una mala imagen por parte del consumidor final. Debe existir en todos los sectores una conciencia para el uso sostenible y conservación de este líquido vital y se hace necesaria la generación de información de esta índole.

CONSIDERACIONES FINALES

La ganadería de leche es un usuario importante del agua y tiene grandes efectos sobre el recurso hídrico, tanto en términos de consumo como de degradación, por lo que se necesitan de herramientas para identificar opciones de mitigación y conservación. Los resultados obtenidos permitirán conocer información necesaria para la elaboración de propuestas de utilización del agua que sean adecuadas para el manejo en establecimientos lecheros promoviendo y fortaleciendo el desarrollo sostenible de estos

sistemas de producción. Se hace necesario establecer estrategias de reducción y se debe capacitar al personal para que reconozcan la necesidad de reducir el volumen de agua utilizado para el lavado de las instalaciones.

LITERATURA CITADA

Baroni, L., L. Cenci, M. Tettamanti, M. Berati. 2007. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *Eur. J. Clin. Nutr.* 61: 279-286.

Castro-Calderón, M.V., J.A. Elizondo-Salazar. 2019. Establecimiento de tres indicadores de eficiencia en el uso de agua para lavado en instalaciones lecheras en Zarcero, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. (Enviado para publicación).

Circle of Blue and Globescan. 2009. Water Issues Research. [http:// case study has demonstrated that dairy products can](http://www.circleofblue.org/waternews/wpcontent/uploads/2009/08/circle_of_blue_globescan.pdf) www.circleofblue.org/waternews/wpcontent/uploads/2009/08/circle_of_blue_globescan.pdf (Consultado 01 Oct. 2019).

Croney, C.C., y R. Anthony. 2011. Invited review: Ruminating scientific and socio-ethical challenges for US dairy increase of food waste in America and its environmental impact. *J. Dairy Sci.* 94: 539-546.

Dairy Co. 2009. Effective use of water on dairy farms . Warwickshire, United Kindom: Dairy Co. <https://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/documentos-interes/24junio/effective-use-of-water-on-dairy-farms.pdf> V (Consultado 01 Oct. 2019).

Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S. 2007. Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales. *La Gaceta* No 55, del 19 de marzo del 2007. San José, Costa Rica.

Decreto Ejecutivo 37107. 2012. Autoriza el uso de purines del ganado bovino como mejorador de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. *La Gaceta* No 48, del 07 de marzo del 2012. San José, Costa Rica.

- Dumont, J.C. 2006. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores: Manejo de purines e infraestructura para lechería. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín INIA. 148: 137-146.
- Fraser, D. 2008. Animal welfare and the intensification of animal production. In: The Ethics of Intensification. Thompson, PB (ed). Springer Science + Business Media B.V., Dordrecht, the Netherlands.
- Godfray, H.C., J.I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence; J.F. Muir, N. Nisbett, J. Pretty, S. Robinson, C. Toulmin, R. Whitely. 2010. The future of the global food system. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 365: 2769-2777.
- González, A.E., N. Rezzano, E. Indarte. 2008. Guía de gestión integral de aguas en establecimientos lecheros. Diseño, operación y mantenimiento de sistemas de tratamientos de efluentes. Convenio: MVOTMA, DINAMA, CONAPROLE. Montevideo, Uruguay.
- Hoekstra, A.Y. y A.K. Chapagain. 2008. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 2016. Política nacional de agua potable de Costa Rica 2017 - 2030. San José, Costa Rica: Comisión Interinstitucional AyA.
- Iramain, M.S., M.A. Nosetti, M. Herrero, M. May, M. Flores, L. Carbó. 2001. Evaluación del uso y manejo del agua en establecimientos lecheros. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires, Argentina. Consultado 01 Oct. 2019. Disponible en <https://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/leche.pdf>
- Marlow, H.J. W.K. Hayes, S. Soret, R.L. Carter, E.R. Schwab. J. Sabaté. 2009. Diet and environment: does what you eat matter? Am. J. Clin. Nutr. 89(Suppl.): 1699S-1703S.
- Mekonnen, M.F., y A.Y. Hoekstra. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal product. Ecosystems. 15: 401-415.
- Munasinghe, M. 2010. Can sustainable consumers and producers save the planet? J. Ind. Ecol. 14: 4-6.

- Murphy, E., I.J.M. de Boer, C.E. vanMiddelbaar, N.M. Holden, L. Shalloo, T.P. Curran, J. Upton. 2017. Water footprinting of dairy farming in Ireland. *J. Clean. Prod.* 140: 547-555.
- Paniagua-Madrugal, W. 2006. Limpieza de la sala para ordeño y corrales de espera en lecherías, con uso racional del agua. *Tecnología en Marcha.* 19(2): 53-58.
- Ridoutt, B.G., y S. Pfister. 2010. Reducing humanity's water footprint. *Environ. Sci. Technol.* 44: 6019-6021.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, A. Persson, F.S. Chapin, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Cruzen, J.A Foley. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature.* 461: 472-475.
- SENARA (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento). 2004. Dotaciones agua para calcular las necesidades de las solicitudes de concesión de aprovechamiento de aguas. San José, Costa Rica: La Gaceta No 98, del 20 de mayo del 2004. San José, Costa Rica.
- Shiklomanov, IA. 2000. Appraisal and assessment of world water resources. *Water Int.* 25: 11-32.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, R. Rosales, C. de Haan. 2006. *Livestock's long shadow: Environmental issues and options.* FAO, Rome, Italy.
- Strzepek, K., y B. Boehlert. 2010. Competition for water for the food system. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365: 2927-2940.
- Sweeten, J.M., y M.L. Wolfe. 1994. Manure and wastewater management systems for open lot dairy operations. *American Society of Agriculture Engineers.* 37(4): 1145-1154.
- UN Water (United Nations). 2006. United Nations, New York, NY. <http://www.un.org/waterforlifedecade> (Consultado 14 Set. 2018).
- Zonderland-Thomassen, M.A., y S.F. Ledgard. 2012. Water footprinting - a comparison of methods using New Zealand dairy farming as a case study. *Agric. Syst.* 110: 30-40.