



Huella hídrica de las explotaciones lecheras según la tipología de alimentación

En este artículo mostramos los resultados de la investigación llevada a cabo a partir del análisis de 53 explotaciones situadas en la cornisa cantábrica, que fueron agrupadas en seis tipologías de alimentación, con el objetivo de estimar la huella de agua dulce de los forrajes producidos en la granja y la del litro de leche corregido por grasa.

G. Salcedo¹*, A. Varsaki², D. Salcedo-Rodríguez³

¹ CIFP, La Granja, 39892 Heras, Cantabria

² Centro de Investigación y Formación Agrarias (CIFA), Cantabria

³ INDRA, Dpto. Sistemas de información, Madrid

*gregoriosal57@gmail.com

RESUMEN

Cincuenta y tres explotaciones lecheras de Galicia, Asturias, Cantabria y Navarra se agruparon en seis tipologías de alimentación: a) *Ecológico*, (Eco); b) *Pastoreo convencional*, (PasCon); c) *Pesebre-Pastoreo*, (PePa); d) *Ensilado de hierba* (EHba); e) *Ensilado de maíz*, (EMz) y f) *Ensilado de hierba y de maíz*, (EHba-EMz) para estimar la huella hídrica de

los forrajes producidos en la explotación (HH_f) y la de un litro de leche corregido por grasa (HH_f_{ECM}). La HH_f fue diferente en el conjunto de forrajes, con medias de 895 litros de agua por kilo de materia seca y mayor en la hierba de pradera (719 litros), e inferior el maíz con 301 litros y 267 litros el raigrás italiano. El reparto de la HH_f fue del 85,6 % como agua verde; 1,2 % azul y 13 % gris. La menor agua gris se registró en la pradera (9,3 %) y la máxima del 24,2 % en raigrás italiano. Entre tipologías, el agua azul fue mayor en EHba-EMz (20,4 %) y del 19,3 % en EMz. La HH_f_{ECM} en el conjunto de explotaciones fue de 1080 litros, con máximos en Eco (1304 litros) y mínimos de 716 en

EMz. La distribución de la HH_f_{ECM} fue de 948, 40 y 91 litros de agua verde, azul y gris respectivamente.

El mayor porcentaje de agua verde se localizó en Eco (89,9 %) y el menor del 83,5 % en EHba-EMz y EMz, y el agua azul superior en EHba-EMz y la menor en EHba. La HH_f_{ECM} de las explotaciones con cultivos forrajeros anuales se redujo un 23,2 % equivalente a 258 litros. La compra de alimentos representó el 62,7 % de la huella de un litro de leche. Las variables relacionadas con el prado y el consumo de concentrado tienden a incrementar la huella hídrica; mientras, la producción y la dedicación de la superficie a cultivos forrajeros tiende a reducirla.

► CUANTIFICAR LA HUELLA HÍDRICA DE LA LECHE E IDENTIFICAR LOS PUNTOS CRÍTICOS DE CONSUMO DE AGUA A LO LARGO DE LA CADENA ALIMENTARIA ES UN PRIMER PASO PARA REDUCIR LAS PRESIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE AGUA DULCE QUE RESULTAN DE LA PRODUCCIÓN GANADERA

INTRODUCCIÓN

El agua se considera como el nutriente más importante en las vacas lecheras (Beede, 1994, National Research Council, 2001, Beede, 2005). En general más de la mitad del peso vivo de aquellas está formada por agua, encontrándose el 50 % en los fluidos intracelulares, el 16 % es fluido intersticial y el 5 % se mantiene en los fluidos del plasma (Haupt, 1970). El resto del agua, que puede variar mucho en volumen, se mantiene en el tracto digestivo. Tres son las fuentes de agua para las vacas lecheras, i) la ingesta voluntaria, ii) la contenida en los alimentos y la metabólica derivada del alimento y iii) las reservas corporales a través de los procesos metabólicos (Beede, 2005).

El mayor consumo de agua procede de la producción de alimentos (Mekonnen y Hoekstra, 2012). No obstante, la huella hídrica de cualquier producto animal es mayor que la de los productos agrícolas con valor nutricional equivalente (Mekonnen y Hoekstra, 2012). La reducción de la presión sobre los recursos hídricos de los productos alimenticios presenta un gran desafío a la humanidad y el conocimiento del consumo de agua es relevante para que los gobiernos nacionales planifiquen y evalúen su política ambiental y seguridad alimentaria (Hoekstra y Mekonnen, 2012).

La demanda creciente de alimentos de origen animal, el aumento de la población (Wirsén et al., 2010) y la eficiencia en la producción de alimentos sostenibles (Johnston et al., 2014) son aspectos relevantes en los sistemas lecheros. En este sentido, cuantificar la huella hídrica de la leche e identificar los puntos críticos de consumo de agua a lo largo de la cadena alimentaria es un primer paso para reducir las presiones sobre los sistemas de agua dulce que resultan de la producción ganadera y, al mismo tiempo, proporcionar información al usuario final (UNEP, 2007).

El clima de la cornisa cantábrica es similar al de Europa Occidental, de tipo Cfb según la clasificación de Köppen, que corresponde al llamado ►



No todos los fertilizantes nitrogenados son iguales



Equilibrio perfecto en
nitrógeno y magnesio



Mayor proteína y
cantidad de forraje

Numerosos estudios de I+D han demostrado que la menor pérdida de nitrógeno se consigue con la aportación de un **equilibrio perfecto en nitrógeno y magnesio** lo que se traduce en mayor proteína y cantidad de forraje. Fertimón ha conseguido con **NITROFERTIMON**, ese equilibrio a un nivel que aporta ningún otro fertilizante.



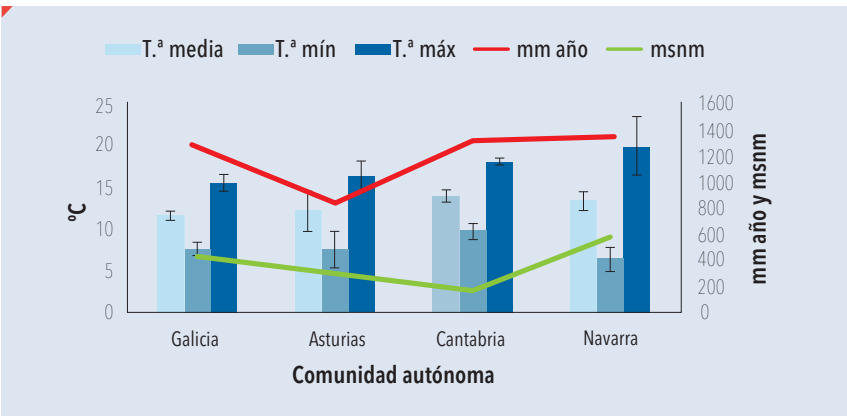
GRUPO
SOAGA

Parque Empresarial Vilanova, 36.614
Baión-Vilanova de Arousa (Pontevedra)
Tel.: +34 986 516 030 · soaga@soaga.com
www.soaga.com

Tabla 1. Tipologías y número de explotaciones

	Galicia	Asturias	Cantabria	Navarra	Total
Ecológicas, (Eco)	2	3	3	1	9
Pastoreo-Convencional, (PasCon)	4	-	2	3	9
Pesebre-Pastoreo, (PePa)	-	3	-	-	3
Ensilado hierba, (EHba)	3	3	3	-	9
Ensilado maíz, (EMz)	5	3	3	-	11
Ensilado hierba-maíz, (EHba-EMz)	5	3	-	4	12
Total	19	15	11	8	53

Figura 1. Temperaturas medias, mínimas y máximas, precipitaciones y altitud entre comunidades autónomas



clima oceánico o atlántico, templado y húmedo, característico de las regiones más occidentales de las grandes masas continentales como Europa Occidental. Este clima definido como templado mesotermal, sin estación seca y con veranos suaves (Gutiérrez *et al.*, 2010), le convierte en favorable para la producción de pastos y forrajes (Piñeiro y Díaz (2005). Sin embargo, las previsiones para el período 2000-2100 Gutiérrez *et al.* (2010) indican reducciones significativas de lluvia e incrementos de temperatura.

El consumo de agua desde el origen hasta la puerta de la granja (huella hídrica) fue definida por la Water Footprint Network (WFN) como la suma volumétrica de agua a lo largo de toda la cadena de suministro de un producto (Hoekstra *et al.*, 2011), formada por verde, azul y gris. El componente verde de la huella hídrica se refiere al agua de lluvia consumida por el cultivo. El agua azul hace referencia a la superficial y subterránea que se consume (incluida el agua la evaporada y el agua que se incorporó al producto) a la salida de la granja. El volumen de agua dulce necesario para reducir los contaminantes a niveles ambientales se le denomina gris.

El objetivo de este trabajo fue determinar los principales agentes que contribuyen al consumo de agua dulce de

un litro de leche corregido por grasa (ECM) a la salida de la granja de 53 explotaciones lecheras procedentes de 6 tipologías de alimentación situadas en la cornisa cantábrica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Explotaciones

Las comunidades autónomas implicadas, el número de explotaciones y las tipologías de alimentación analizadas vienen indicadas en la tabla 1. Las entrevistas se realizaron *in situ* durante el año 2018, las cuales incluían cuestiones relacionadas con: i) *localización*, ii) *la base territorial y distribución forrajera*, iii) *la fertilización*, iv) *la composición y manejo del rebaño*, v) *la alimentación de los animales*, vi) *la producción y composición química de la leche* y vii) *consumo de energía*. El cuestionario formulado a los ganaderos fue indicado por Salcedo y Salcedo (2022). Las temperaturas, mínima, máxima y media (°C), la precipitación anual (l/m²) y la altitud de las explotaciones dentro de cada comunidad vienen representadas en la figura 1.

El modelo CROPWAT® (Allen *et al.*, 1998; FAO, 2009) fue usado para computar la evaporación del cultivo ET_o (mm día) de referencia (Allen *et al.*, 1998). La evapotranspiración po-

► LA MENOR HUELLA DEL MAÍZ FUE ATRIBUIDA A LA SUPERIOR PRODUCCIÓN DE BIOMASA POR UNIDAD DE TIEMPO DE CULTIVO (56,8±10,6 KG MS HA⁻¹ DÍA), COINCIDIENDO CON LOS MESES DE MENOS PLUVIOMETRÍA

tencial (ET_p) sobre el período de crecimiento de los cultivos asumiendo la máxima disponibilidad de agua en el suelo (Allen *et al.*, 1998) fue derivado del CROPWAT®. Los datos de temperaturas máximas y mínimas, humedad, velocidad del viento, insolación horaria y precipitaciones fueron proporcionadas por cada comunidad autónoma y un patrón específico de cultivo de acuerdo a cada zona.

La producción de materia seca de cada cultivo se estimó con el modelo DairyCant Salcedo (2020).

Unidad funcional

Los límites del sistema vienen señalados en la figura 2. La unidad funcional utilizada en este trabajo fue la de un litro de leche corregido por grasa (Sjanja *et al.*, 1990) a la salida de la explotación, que representa la suma del agua utilizada en la producción de alimentos propios (agua_p), alimentos comprados (agua_c), bebida (agua_b) y de limpieza (agua_l) conforme a Mekonnen y Hoekstra (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las explotaciones

En general, la superficie media en el conjunto de explotaciones fue de 46,2±30 hectáreas, de las cuales el 70,2±36 % corresponden a pradera y el 29,8±36 % de cultivos forrajeros (maíz y raigrás principalmente) y diferentes entre tipologías (tabla 2). El número de vacas lecheras fue de 80±68, con máximos de 149±96 en EMz y mínimos de 25±11 en PePa. Los alimentos de producción propia representaron el 54,8±13,5 % reduciéndose conforme aumenta la ►►

Balsas MN es una empresa ubicada en la zona centro de Galicia y dedicada a la fabricación y montaje de balsas para almacenamiento de agua, purines, lodos y todo tipo de residuos, así como estanques, lagos, embalses artificiales e impermeabilización de vertederos, terrazas, cubiertas, canales de riego, etc. Para ello contamos con una amplia gama de materiales en polietileno y PVC.

Debido a nuestra situación geográfica, al conocimiento de la actividad agrícola y ganadera y a los cambios en las políticas medioambientales nos especializamos en la construcción de balsas de polietileno para el almacenamiento de purín, tanto de balsas nuevas como de zanjas que está siendo obligatorio impermeabilizar.

Las ventajas de este tipo de balsas con respecto a las fosas tradicionales son innumerables:

- Rapidez de instalación (1-2 días).
- Reducción de hasta la tercera parte del coste respecto a una fosa tradicional, lo que quiere decir que la misma inversión permite cubicar el triple de capacidad, permitiendo, por lo tanto, almacenar purín y abono orgánico, incluso de fuera de la explotación, para las épocas de abonado, con el correspondiente ahorro y mejora de la estructura del suelo.
- Permite un crecimiento de la explotación más flexible, ya que en 2-3 días se puede hacer una ampliación de la balsa a un coste reducido.
- Consecuente con el impacto ambiental, ya que puede ser desmontada con facilidad, lo que permitiría un cambio de localización con un coste mínimo.



Posibilidad de recubrirlas con estructura metálica y lona



Posibilidad de construcción con rampa de acceso y superficie de hormigón para facilitar posibles limpiezas posteriores

- Balsas para almacenamiento de purines, agua, lodos, residuos...
- Estanques, lagos y embalses artificiales, canales de riego...
- Impermeabilización de vertederos, terrazas, cubiertas, fachadas...
- Distribuidores de depósitos de almacenamiento de agua hasta 500 m³.
- Subvencionadas por la Xunta de Galicia.
- Desde un céntimo por litro.
- Rapidez de instalación (1-2 días).
- Amortizable hasta en 3,5 años.



¡NOVEDAD!

Balsas flexibles para almacenamiento de purín o agua. Con esta solución ahorramos la cubierta y los trabajos de excavación.

► LA HUMEDAD DE LAS DIETAS EN LAS VACAS LECHERAS FUE DEL $53,8\pm12\%$, SIN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN EL CONJUNTO DE TIPOLOGÍAS

intensificación de la explotación (tabla 2); mientras, la compra de forrajes y concentrados simbolizan el $17,8\pm16,5\%$ y el $82,1\pm16\%$, respectivamente, de los comprados. Las explotaciones más intensivas de este trabajo fueron consideradas las de mayor producción anual de leche, volumen de leche por hectárea y número de vacas lecheras.

La altitud no fue diferente entre tipologías, pero sí entre comunidades autónomas (CC.AA.), mayor en Navarra ($P<0,05$) con 559 ± 158 msnm y la menor en Cantabria, con 153 ± 129 m. La precipitación media anual fue menor en Asturias con 848 ± 83 litros m^2 , sin diferencias en las otras y la menor en la tipología PePa (tabla 2). La temperatura media fue menor en Galicia y Asturias (figura 1) y entre tipologías la mayor se localizó en las explotaciones de la tipología Eco (tabla 2). La altitud de las explotaciones entre tipologías presenta un mayor coeficiente de variación (72,8 %), seguido de las precipitaciones (30,2 %); mientras, la temperatura media, máxima y mínima lo hicieron con el 13,3 %, 13,5 % y 22,2 %, respectivamente.

ANÁLISIS DE LA HUELLA HÍDRICA

Alimentos

El volumen de agua en el conjunto de forrajes producidos en la explotación fue de 895 ± 364 litros kg^{-1} materia seca, con máximos de 1130 ± 449 litros en EHba-EMz y mínimos de 710 ± 140 litros en Eco (tabla 3), dentro del rango de 413 a 1045 litros señalados en Irlanda por Murphy *et al.* (2017). La hierba de pradera registró el mayor volumen, equivalente a 734 ± 199 litros ($P<0,05$), sin diferencias entre el maíz y el raigrás italiano, con 301 ± 157 y 267 ± 142

Figura 2. Límites del sistema y fuentes de consumo de agua para el método de huella hídrica de las granjas de la cornisa cantábrica. Las líneas coloreadas de verde, azul y gris corresponden al tipo de agua (Hoekstra *et al.*, 2011)

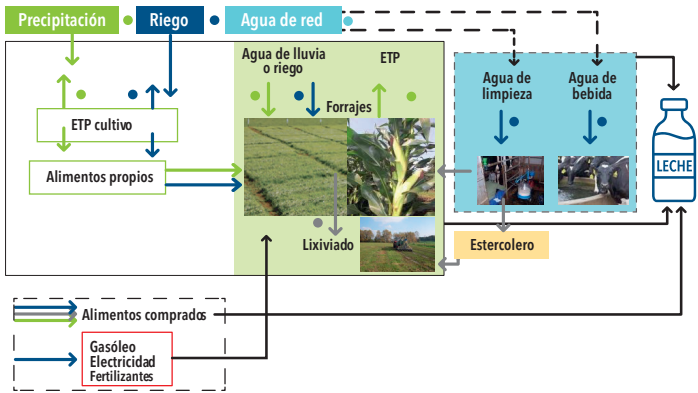


Tabla 2. Características técnicas, climáticas y altitud de las explotaciones

	Eco	PasCon	PePa	EHba	EMz	EHba-EMz	et
Superficie, has	48,3ab	37,9ab	16,6a	37,3ab	68,6b	45,8ab	4,1
Pradera, %	100b	98,8b	94,8b	92,3b	28,1a	42,1a	4,9
CFA, %	-	1,1a	5,2a	7,6a	71,8b	57,9b	4,9
N inorgánico, $kg\ ha^{-1}$	-	76ab	1a	59ab	126b	115b	12
N orgánico, $kg\ ha^{-1}$	80a	86a	267b	251b	420c	487c	29
Vacas lecheras, n.º	45a	39a	25a	49a	149b	111b	9
Leche ECM, $t\ ha^{-1}$	6,5a	8,3a	19,5bc	12,8ab	29,7b	30,4b	1,8
MS producida, $t\ ha^{-1}$	5,9a	6,6a	4,9a	5,4a	10,1b	9,1b	0,38
MS ingerida $t\ ha^{-1}$	7,9a	9,5a	21,8bc	14,1ab	26,4c	27,5c	1,6
MS propia, %	68,5c	61,7bc	63,3c	43,6a	50,2ab	50,1ab	1,9
MS comprada, %	31,4a	38,2ab	36,6a	56,3c	49,8bc	49,9bc	1,9
Humedad dieta, %	55,6	60,0	46,6	47,1	51,1	55,2	1,7
Altitud, msnm	246	417	452	434	225	379	34
Precipitación año, $l\ m^{-2}$	1185ab	1468b	877a	1263ab	1064a	1061a	49
T.ª media, °C	13,7c	12,9bc	11,1a	12,1abc	13,0bc	11,6ab	0,2
T.ª máxima, °C	17,7	18,4	15,9	16,4	17,1	16,1	0,3
T.ª mínima, °C	9,0b	7,4ab	6,2a	7,9ab	9,0b	6,8a	0,2

Eco, Ecológico; PasCon, Pastoreo convencional; PePa, Pesebre-pastoreo; EHba, Ensilado de hierba; EMz, Ensilado de maíz; EHba-EMz, Ensilado de hierba y de maíz; CFA: cultivos forrajeros anuales; MS: materia seca; ECM: leche corregida por grasa (Sjanja *et al.*, 1990); et: error típico, a,b,c, dentro de la misma fila difieren $P<0,05$

litros, respectivamente. La menor huella del maíz fue atribuida a la superior producción de biomasa por unidad de tiempo de cultivo ($56,8\pm10,6$ $kg\ MS\ ha^{-1}\ día$), coincidiendo con los meses de menos pluviometría. Mientras, el raigrás con 210 días de cultivo fue de $27,2\pm3,1$ $kg\ MS\ ha^{-1}\ día$, en los meses de mayor precipitación.

El porcentaje de agua verde, azul y gris en el conjunto de forrajes propios fue del $85,6\pm12,4\%$, $1,2\pm6,3\%$ y $13,1\pm8,9\%$, respectivamente. La hierba de pradera registró el mayor porcentaje de agua verde ($90,6\pm6,0\%$), inferior al 99 % señalado por Murphy *et al.* (2017) en Irlanda, y los menores, en maíz y raigrás del $74,1\pm16,1\%$ y $75,7\pm12,6\%$, respectivamente. Solamente dos explotaciones de Navarra utilizan agua azul en maíz, representando el $55,6\pm1,1\%$ de la huella hí-

drica, el $33\pm0,5\%$ del agua total para el conjunto de forrajes, equivalente a $60,5\pm17,5$ litros de agua azul por litro de leche corregidos por grasa (ECM).

El menor porcentaje de agua gris se registró en la hierba de pradera ($9,3\pm6\%$) y el máximo del $24,2\pm12,6\%$ en raigrás italiano. En general el volumen de agua gris por kilo de materia seca fue similar entre cultivos, equivalentes a $62,7\pm38$; $65,2\pm55$ y $62,6\pm53$ litros el maíz, la hierba de pradera y el raigrás respectivamente. Las tipologías, EHba-EMz y EMz registraron el mayor porcentaje de agua gris ($20,4\pm6,8\%$ y $19,3\pm8,6\%$, respectivamente), imputable al mayor aporte de fertilizantes nitrogenados de origen orgánico (486 ± 206 y 420 ± 147 $kg\ ha^{-1}$) e inorgánico (115 ± 88 y 126 ± 124 $kg\ ha^{-1}$, respectivamente). ►►

INNOVACION, COMPROMISO E GARANTÍA

PRECIOS
SIN COMPETENCIA
Y FINANCIACIÓN ESPECIAL
EN PRECAMPAÑA

**CORBAR**
MAQUINARIA

RODILLOS LLORENTE

Altísima fiabilidad y máxima adaptación al terreno



**RODILLO MODELO
RTA DE 3 CUERPOS**
ANCHO DE LABOR 6, 7 Y 8 m

Desde
12.500 €



**RODILLO MODELO
DAKOTA DE 2 CUERPOS**
ANCHO DE LABOR 5 Y 6 m

Desde
10.000 €



RODILLO LINEAL
ANCHO DE LABOR: 3,5m - 4,5m - 5,5 m

Desde
2.800 €



**RODILLO MECANICO
CON RUEDAS**
ANCHO DE LABOR 2,70 m

Desde
3.300 €



**RODILLO MODELO XTRA-LONG
DE 3 CUERPOS**
ANCHO DE LABOR 8, 9 Y 10 m

Desde
17.500 €

AMPLIA GAMA DE DIMENSIONES Y ESPESORES DE TUBO: 660X12mm, 711X15mm, 820X18mm

VEN A VISITARNOS
TODOS LOS MODELOS EN STOCK

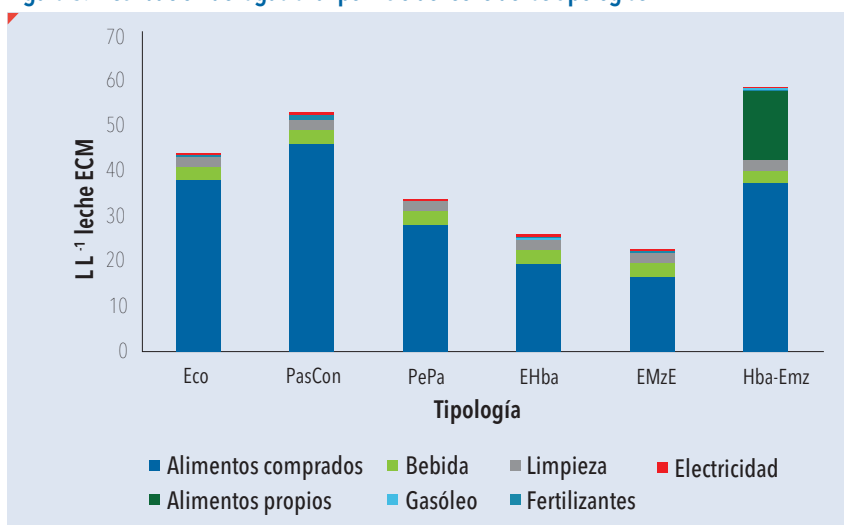
MAQUINARIA AGRÍCOLA CORBAR, S.L.

Polígono Industrial
O Morelle, nave 4
27614 Sarria, Lugo

E-mail: corbar@corbarsl.com
Telf. y Fax: 982 53 14 63
www.corbarsl.com



Figura 3. Distribución del agua azul por litro de leche de las tipologías



Eco, Ecológico; PasCon, Pastoreo convencional; PePa, Pesebre-pastoreo; EHba, Ensilado de hierba; EMzE, Ensilado de maíz; EHba-EMz, Ensilado de hierba y de maíz

Agua de bebida, limpieza y elementos de producción

El porcentaje de agua azul por litro de leche viene señalado en la figura 3. Las causas que afectan al consumo de agua en el ganado lechero, entre otros, son el peso vivo, la producción de leche, consumo de materia seca, porcentaje de materia seca del alimento, consumo de concentrados (Khelil-Arfa *et al.*, 2012); contenido de sodio del agua (Meyer *et al.*, 2004); temperatura (Cardot *et al.*, 2008) y accesibilidad al agua (King y Stockdale, 1981). Muchas explotaciones disponen de pozos para el suministro de agua y casi todas acceden al agua a través de la red municipal. Tanto el agua de bebida como la de limpieza catalogadas aquí como agua azul fueron consideradas en base a la factura anual del agua en m³. La primera fue 50±13 litros UGM⁻¹ y día, con máximos de 67±16 litros en EMz y mínimos de 39±8 litros en PasCon, en cualquier caso, inferiores a 70 litros señalados por el DairyNZ (2012) y la segunda de 41±15 litros UGM⁻¹ y día. El consumo de agua incrementó hasta 101±30 litros UGM⁻¹ y día en el conjunto de explotaciones (P<0,05), cuando se suma a la de bebida y limpieza la contenida en los alimentos (mezcla de agua verde, azul y gris), registrándose valores máximos de 138±37 en EMz y mínimos de 78±17 litros UGM⁻¹ y día en ecológico.

La humedad de las dietas en las vacas lecheras fue del 53,8±12 %, sin diferencias significativas en el conjunto de tipologías (tabla 1). Este porcen-

taje no justificó las diferencias en la ingesta de materia seca en las vacas lecheras, con mínimas de 16,6±3,0 kg en Eco y máximas de 24,1±1,9 kg en EMz, posiblemente debido al bajo coeficiente de variación del 23 %. Por su parte, Leonardi *et al.* (2005) no observaron diferencias en la ingesta de vacas lecheras alimentadas con dietas de diferente porcentaje de humedad.

El agua azul de bebida y limpieza fue de 5,0±0,5 litros l⁻¹ ECM, sin diferencias significativas entre tipologías (tabla 4), y similar al indicado por Murphy *et al.* (2017) en Irlanda de 5,3±1,9 litros y de 3,9±0,29 litros en Alemania (Drastig *et al.*, 2010). Mientras, el agua atribuida a la electricidad, gasóleo y fertilizantes fue de 1,05±0,91 litros l⁻¹ ECM, con máximos de 1,96±1,73 en PasCon (P<0,05) y la menor en las demás tipologías.

Leche

La huella hídrica por litro de leche ECM (HH_{ECM}) fue de 1080±392 litros y diferente entre tipologías (tabla 3), con máximos de 1436±323 en Eco y mínimos de 716±185 en EMz (tabla 3). La mayor huella en Eco es imputable a factores de producción como menor producción de leche y forraje por hectárea (tabla 2). Estos resultados fueron similares a 1096 y 1020 litros señalados por Mekonnen y Hoekstra, (2010 y 2012); ligeramente superiores a 953±254 litros en Europa (Sultana *et al.*, 2014) y superiores

a 524±66 litros en Italia Cosentino *et al.* (2015) y 690±135 litros en Irlanda (Murphy *et al.*, 2017). No obstante, la distribución porcentual de la HH_{ECM} [(agua verde (HH_{ECMv}); azul (HH_{ECMa}) y gris HH_{ECMg})] fue diferente entre tipologías (tabla 3), con porcentajes medios del 87,7±3,4 % (948±354 litros); 3,8±1,8 % (40±23 litros) y 8,4±2,4 % (91±41 litros), respectivamente. Factores como la producción de forraje, producción de leche, consumo de pienso por hectárea, tipo de forraje producido, producción y aporte de purín, entre otros, pudieran estar detrás de aquellas diferencias. No obstante, y para las explotaciones del presente trabajo, la gran dispersión observada para HH_{ECMv} tiene su origen en la diferencia de precipitación entre las explotaciones de Navarra (1354 l/m²) y los 848 litros en Asturias (figura 1). El mayor porcentaje de HH_{ECMv} se registró en Eco (89,9±1,6 %) y el menor en EHba-EMz y EMz (83,5±3,4 %); HH_{ECMa} fue superior en EHba-EMz (5,7±2,9 %) y la menor en EHba (2,6±0,73 %) y en HH_{ECMg} fue superior en PePa (11,3±3,9 %) y la menor de (6,7±1,1 %) en ecológico.

El mayor porcentaje de superficie dedicada a cultivos forrajeros, principalmente maíz en rotación con raigrás italiano en las tipologías EMz y EHba-EMz (valor medio 64,8 %), respecto al 4,67 % de (PasCon, PePa y EHba), redujo un 21,2 % (252 litros) la HH_{ECMv}; 21,7 % (225 litros) la HH_{ECMv}; 18,0 % (7,8 litros) la HH_{ECMa} y 17,5 % (18,5 litros) la HH_{ECMg}. Zonderland-Thomassen y Ledgard, (2012) compararon la huella hídrica de la producción lechera de dos regiones diferentes en Nueva Zelanda, Waikato (Isla Norte, sin riego, con lluvias moderadas) y Canterbury (Isla Sur, con riego, con escasas lluvias), los resultados fueron de 945 litros de agua por litro de leche corregida por grasa y proteína en las primeras y 1084 litros las segundas. El agua verde de Waikato fue del 72 % y del 46 % en Canterbury, indicando la utilización del riego en aquellos cultivos de alto rendimiento en materia seca.

La suma porcentual de HH_{ECMa} y HH_{ECMg} fue del 12,3±3,4 % (131±56 litros), similar al 14,1 % (Mekonnen y Hoekstra, 2010) y al 14,5 % (Sultana *et al.*, 2014) indicado en estudios ►

EN VÍDEO



• **ENMIENDA CALIZA, CAL VIVA GRANULADA (90 % CaO)**

Alto porcentaje en calcio. Valor neutralizante: 90 %

Alto porcentaje de magnesio. Valor neutralizante: 95 %

• **ENMIENDA CALIZA. CAL VIVA (80 % CaO)**

Gran poder de neutralización. Valor neutralizante: 80 %

• **ENMIENDA CALIZA, CAL APAGADA (65 % CaO)**

Potencia el rendimiento agrícola. De fácil asimilación.

Valor neutralizante: 65 %

• ENMIENDA CALIZA, CAL APAGADA + DOLOMÍA (53 % CaO / 23 % MgO)

Aporta magnesio. Favorece la actividad clorofílica de la planta

Valor neutralizante: 83 %

- **ENMIENDA CALIZA, CARBONATO CÁLCICO (56 % CaO)**

Para tierra y camas higiénicas. Eficaz en la reducción de
mamitis ambientales y dermatitis. Apropiado para la producción
de todo tipo de piensos. Valor neutralizante: 56 %

- **ENMIENDA CALIZA DE CARBONATO CÁLCICO MAGNÉSICO, GALIMAG (33 % CaO / 17 % MgO)**

Aporta magnesio. Valor neutralizante: 60 %

• ENMIENDA CALIZA. GRANICAL G60 SUPRA (54 % CaO / 1 % MgO)

Fácil aplicación y asimilación. Valor neutralizante: 56 %

• ENMIENDA CALIZA, GRANICAL G60 PLUS (47,35 % CaO / 6 % MgO)

Fácil aplicación y asimilación con aporte de magnesio.

Valor neutralizante: 59 %



Extendido regulado por GPS

Transporte a cualquier punto de España y Portugal



**C/ Gallastegui Unamuno.
Vial G - N.º 7
Polígono Industrial As Gándaras
27003 Lugo**

Tfno.: 982 22 14 84
E-mail: info@galical.es
Web: www.galical.es



previos. Coincidente con Mekonnen y Hoestra (2010), el agua de los alimentos (propios y comprados) representa el mayor porcentaje de HH_{ECM} con un valor medio del $99,3 \pm 0,24$ %, mayor en Eco $99,5 \pm 0,14$ % ($P < 0,05$) y menor del $99,1 \pm 0,22$ % en EMz. La HH_{ECM} de los alimentos propios difiere a los comprados ($P < 0,05$), con volúmenes medios de 396 ± 255 litros y 678 ± 218 litros respectivamente (tabla 3). La variabilidad observada en los primeros es atribuida a las diferencias de precipitaciones (agua verde), producción tanto de forrajes como de leche por hectárea. La mayor HH_{ECM} de los alimentos comprados (forrajes y piensos) se registró en PasCon de 622 ± 247 litros $litro^{-1}$ ECM ($P < 0,05$) y, la menor de 174 ± 97 litros en EMz. Mientras, el superior volumen de agua de los alimentos comprados se registró en la tipología PasCon (807 ± 196 litros) y, la menor ($P < 0,05$) en PePa con 513 ± 293 litros (tabla 3). En cualquier caso, el $84,9 \pm 13,7$ % del volumen de agua de los alimentos comprados procede de los concentrados y el $15,1 \pm 13,7$ % de los forrajes.

La figura 3 representa el porcentaje de agua azul por litro de leche ECM, con un valor medio de 40 ± 23 litros y diferente entre tipologías (tabla 3); de los cuales, $31,1 \pm 14,6$ litros proceden de alimentos comprados, similares a $30,6 \pm 10,2$ litros señalados en Irlanda por Murphy *et al.* (2017). Por su parte, Rotz *et al.* (2020) en Pensilvania (USA), señalan consumos de 13,5 litros de agua azul (riego, limpieza, consumo y enfriamiento del ganado. Las diferencias respecto a las de Rotz *et al.* (2020) pueden ser atribuidas a la metodología de cálculo. En el presente trabajo se usó el modelo CROPWAT® (FAO, 2009), mientras que aquellos utilizaron el Integrated Farm System Model (Rotz *et al.*, 2018), incluyendo además de la producción y compra de alimentos, el agua usada en el transporte. El agua gris fue de 91 ± 41 litros por litro de leche ECM y diferente entre tipologías (tabla 3).

El agua asignada a un litro de leche fue de 922 ± 343 litros y diferente entre tipologías (tabla 4), al igual que el porcentaje ($P < 0,05$) respecto a la huella hídrica total de 1080 ± 392 litros. Porcentualmente fue superior en EHba-EMz ($89,8 \pm 2,1$ %) y la menor en Eco ($77,9 \pm 10,5$ %). En cualquier caso y para el conjunto de explotaciones el porcentaje medio fue del $85,4 \pm 7,8$ %, similar al $85,6$ % indicado por defecto por el IDF

(2010). En general, la producción de leche vaca y año reduce la HH_{ECM} , HH_{ECM}^v , HH_{ECM}^a y HH_{ECM}^{a+g} ($r = -0,73$; $-0,73$; $-0,38$ y $-0,44$, $P < 0,01$); mientras, el aumento de concentrado por kilo de leche suministrado a las vacas las incrementa respectivamente $r = 0,54$; $0,51$; $0,40$ y $0,56$ ($P < 0,01$). La relación entre la producción de leche vaca y año y la HH_{ECM} fue del tipo: $1832 - (0,093 \text{ Leche})$; $r^2 = 0,53$, similar a la observada por Lu *et al.*, (2018) de $1685 - (0,106 \text{ Leche})$; $r^2 = 0,51$.

El agua verde no compete con el humano, lo que cabe pensar en estrategias que reduzcan la suma del agua azul y gris (HH_{ECM}^{a+g}). Así, aumentos de un litro de leche vaca y año la HH_{ECM}^{a+g} puede disminuir $0,009 \pm 0,002$ litros ($r^2 = 0,323$ $P < 0,001$) y aumentar 289 ± 57 litros al incrementar el aporte de concentrado por litro de leche producido ($r = 0,33$ $P < 0,001$).

CONCLUSIONES

El agua verde representó el mayor porcentaje de la huella hídrica por litro de leche; mientras, el agua azul procede principalmente de los concentrados. La eficiencia de conversión de alimento en leche, la producción de leche y la reserva de superficie agrícola para forrajes anuales más productivos que la pradera por unidad de tiempo son herramientas que contribuyen a reducir la huella de un litro de leche.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación obtenida por el INIA y Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (subproyectos: INIA RTA2015-00058-C06-01 y 02), cofinanciado con fondos FEDER. Un agradecimiento especial a las ganaderías participantes del proyecto. ■

NOTA DE LOS AUTORES

Este artículo, publicado en ITEA, recibió el accésit del Premio Prensa Agraria 2022 que concede la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA). <https://doi.org/10.12706/itea.2021.040>

Tabla 3. Huella hídrica de la leche

	Eco	PasCon	PePa	EHba	EMz
<i>Alimentos propios</i>					
HH conjunto forrajes, $L \cdot kg^{-1}$ MS	710	841	883	853	873
HH maíz, $L \cdot kg^{-1}$ MS ^A	-	340	52	135	261
HH pradera, $L \cdot kg^{-1}$ MS ^A	710ab	761b	846b	818b	487a
HH raigrás, $L \cdot kg^{-1}$ MS ^A	-	378	60	89	283
HH forrajes propios, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	617c	622c	421bc	375ab	174a
Eficiencia alimentos propios, % L^{-1} ECM ^B	47,7c	42,5bc	46,0bc	31,9ab	23,5a
<i>Alimentos comprados</i>					
HH compra alimentos, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	680ab	807b	513a	694ab	536a
HH piensos, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	542abc	718c	366a	587bc	482ab
HH forrajes, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	138b	89ab	147b	107ab	53a
<i>Otros</i>					
Agua de bebida, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	2,9ab	2,9ab	3,0ab	3,1b	2,6a
Agua de limpieza, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Gasóleo, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	0,16b	0,17b	0,09a	0,11a	0,08a
Fertilizantes, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	0,23ab	1,05b	0,03a	0,50ab	0,65ab
Electricidad	0,33ab	0,74b	0,64ab	0,36ab	0,23a
HH total, $L \cdot L^{-1}$ ECM	1304bc	1436c	940ab	1075abc	716a
HH con asignación, $L \cdot L^{-1}$ ECM	1044bc	1219c	728ab	926abc	638a
<i>Reparto del tipo de agua</i>					
Verde, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	1174bc	1280c	797a	952ab	639a
Azul, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	44abc	53bc	34ab	26a	23a
Gris, $L \cdot L^{-1}$ ECM ^B	86ab	103b	108b	97b	55a
Agua, $m^3 \cdot kg$ GB	35bc	39b	25,6ab	28,7ab	19,4a
Agua, $m^3 \cdot kg$ PB	42bc	45,5c	30,8ab	33,6ab	21,8a
Agua, $m^3 \cdot kg$ ESU	19bc	20,9c	13,9ab	15,5ab	10,2a

Eco, Ecológico; PasCon, Pastoreo convencional; PePa, Pesebre-pastoreo; EHba, Ensilado de hierba; EMz, Ensilado de maíz; EHba-EMz, Ensilado de hierba y de maíz; ^A: HH correspondiente a la producción obtenida dentro del porcentaje de SAU que ocupa; ^B: % de la huella hídrica por litro de leche ECM de los alimentos propios; ECM: leche corregida por grasa; error típico

GRUPO AGROAMB

SENTIDO DEL RECICLAJE



VENTAJAS

- ✓ Mejoran la estructura del suelo, drenaje, retención de agua y aireación, proporcionando un mejor ambiente de enraizamiento de las plantas.
- ✓ Poseen cualidades de liberación de nutrientes lenta. El material continúa su descomposición dentro del suelo, reduciendo la cantidad de nitrógeno y fosfato que puede originarse con los fertilizantes químicos.
- ✓ Mejoran la capacidad de trabajo de los suelos, especialmente arcillosos pesados.
- ✓ Mejoran la retención de agua en los suelos ligeros.
- ✓ Mejoran la resistencia a la compactación del suelo y a la erosión.
- ✓ Reducen la necesidad de fertilizantes artificiales.
- ✓ Regulan el pH del suelo, al aportar cal.

PRODUCTOS FERTILIZANTES

Su contenido en materia orgánica, nitrógeno y fósforo los hacen especialmente atractivos para la elaboración de fertilizante en el sector agroforestal. Entre sus variadas ventajas hay que destacar que mejoran la estructura del suelo, su grado de porosidad y la capacidad de retención de agua debido fundamentalmente al aporte de materia orgánica. Además, le proporciona al suelo nitrógeno, fósforo y potasio de liberación lenta, y, al aportar cal, permite regular el pH del suelo. AGROAMB tiene inscritos los diferentes productos fertilizantes que elabora en el Registro de Productos Fertilizantes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

FERTILIZANTES AUTORIZADOS

CÓDIGO	TIPO	NOMBRE COMERCIAL
F0001757/2022	Fertilizante orgánico NPK de origen animal y vegetal	AGROTHAME ORGANITE START
F0001894/2022	Enmienda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST
F0001895/2022	Enmienda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST START
F0001896/2022	Enmienda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO START
F0001897/2022	Enmienda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO
F0001919/2023	Fertilizante órgano-mineral nitrogenado líquido	AGROTHAME ORGANITE N-LIQ
F0001925/2023	Fertilizante órgano-mineral NK líquido	AGROTHAME ORGANITE PURINE
F0001926/2023	Fertilizante órgano-mineral NP líquido	AGROTHAME ORGANITE LIQUID
F0001980/2023	Enmienda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO ZEN
F0002420/2025	Fertilizante órgano-mineral NPK	AGROTHAME ORGANITE AGRO
F0002421/2025	Fertilizante órgano-mineral NPK	AGROTHAME ORGANITE SULFAGRO
F0002422/2025	Enmienda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMOST



AGROAMB
Ponte de Outeiro, 10 | 27256 Castro de Rei (Lugo)
Teléfono (+34) 982 231 365 | Fax (+34) 982 240 534
E-mail agroamb@agroamb.com | Web www.agroamb.com