

DOI:10.18684/BSAA(14)47-56

HUELLA HÍDRICA DE UNA FINCA GANADERA LECHERA BAJO LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DEL VALLE DEL CAUCA

WATER FINGERPRINT OF A CATTLE DAIRY ESTATE UNDER THE CONDITIONS AGROECOLOGICAS OF THE VALLEY OF THE CAUCA

IMPRIMA HIDRICA DE UMA LEITEIRA DE GADOS DE PROPRIEDADE DEBAIXO DAS CONDIÇÕES AGROECOLOGICAS DO VALE DE CAUCA

CARLOS AUGUSTO MARTÍNEZ-MAMIAN¹, XIMENA ANDREA RUIZ-ERAZO², SANDRA MORALES-VELASCO³

RESUMEN

Las altas demandas de agua para la producción agropecuaria, ha generado la necesidad de cuantificar los consumos de este recurso con el fin de establecer medidas de manejo. Por lo cual se realizó un estudio para determinar la huella hídrica de un hato lechero bajo las condiciones agroecológicas del corregimiento de Rozo Municipio de Palmira Valle del Cauca. Para la evaluación se tuvo en cuenta la metodología de Chapagain, quien establece los parámetros de medición del agua verde, azul y gris. Se aplicó una encuesta para obtener los datos productivos de la finca. Los resultados mostraron que para producir un litro de

Recibido para evaluación: 21 de Enero de 2015. **Aprobado para publicación:** 31 de Mayo de 2016.

- 1 Fundación Universitaria de Popayán, Programa de Administración de Empresas Agropecuarias, Grupo de investigación GINPAS. Magister en Ciencias Agrarias, Ingeniero Agropecuario. Popayán, Cauca.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación SISINPRO. Estudiante de doctorado en Ciencias Agrarias y Agroindustriales. Popayán, Cauca.
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigación Nutrición Agropecuaria. Profesora Titular, Magister en Recursos Hidrobiológicos, Ecóloga. Popayán, Colombia.

Correspondencia: carlos.martinez@docente.fup.edu.co .

leche se necesita 1,9 m³ de agua, de las cuales 97,4% son las requeridas por cultivo (forraje) para su ciclo productivo, todo lo anterior evidencia la necesidad de establecer alternativas para el uso y reuso del agua dentro del sistema ganadero.

ABSTRACT

The high water demands for agricultural production, has generated the need to quantify the consumption of this resource in order to establish management measures. Therefore a study was conducted to determine the water footprint of a dairy herd under the ecological conditions of the village of Rozo Municipality of Palmira Valle del Cauca. For the assessment took into account the methodology Chapagain, who sets the parameters for measuring the water green, blue and gray. A survey was applied to obtain the production data of the farm. The results showed that to produce one liter of milk 1,9 m³ of water, of which 97,4% are required per crop (fodder) for its production cycle is needed, the above demonstrates the need for alternatives to use and reuse of water within the livestock system.

RESUMO

As demandas de descargas de água para a produção agrícola, gerou a necessidade para quantificar os consumos deste recurso com o propósito de estabelecer medidas de manipulação. Razão por que ele/ela foi levado fora um estudo para determinar o hídrica de impressão de um agrupamento baixo leiteiro que o agroecológicas de condições do corregimento de Rozo Tocam Municipalidade de Palmira Valle do Cauca. Para o avaliação se lembrado de a metodologia de Chapagain que estabelece os parâmetros de medição do verde, água azul e cinza. Uma pesquisa foi aplicada para obter os dados produtivos da propriedade. Os resultados mostraram isso para produzir um litro de leite é precisado 1,9 m³ de água da qual 97,4% são esses requeridos por cultivo (forragem) durante seu ciclo produtivo, todas as supracitadas evidências a necessidade para se estabelecer alternativa

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población mundial (cuatro veces desde 1900) es directamente proporcional con la cantidad de alimentos demandados para el sostenimiento de la población mundial; situación que ha generado altos consumos de agua (7 a 9 veces), que unido al cambio climático y otros problemas ambientales, limita la productividad del planeta, haciendo necesario evaluar los sistemas productivos actuales para proyectar alternativas de manejo a corto y mediano plazo [1].

Es así, como la ganadería es un sector importante para la economía y la seguridad alimentaria de cualquier país [2], siendo una actividad fundamental de trabajo y sustento para la población a nivel mundial [3]; pero también es una de las actividades con mayores impactos negativos al suelo

PALABRAS CLAVES:

Hato lechero, Consumo de agua, Impacto ambiental.

KEYWORDS:

Water footprint, Dairy herd, Green water, Blue and gray.

PALAVRAS-CHAVE:

Pegada hídrica, Ato leiteiro, Agua verde, Azul e cinza.

(sobrepastoreo), aire (emisiones de gases de efecto de invernadero), biodiversidad (cambio de coberturas vegetales) y el agua, con repercusiones desde el ámbito local hasta el mundial [4].

De esta manera la producción pecuaria, es responsable del consumo mundial del 8% del recurso hídrico, contribuye a la eutrofización, aparición de problemas de salud en los seres humanos, dado al mal manejo del excremento animales, antibióticos y hormonas, fertilizantes, plaguicidas, y sedimentos de pastizales erosionados [5].

Considerando que el agua es uno de los elementos indispensables para el mantenimiento y desarrollo de los seres vivos; los sistemas agropecuarios han encaminado metodologías en desarrollar actividades que se encuentren dentro del marco del concepto de indicadores de sostenibilidad, capaces de medir el estado de los agrosistemas y las posibles respuestas a las presiones ejercidas sobre los recursos que lo conforman [6].

Dentro de estos indicadores, se encuentra la huella ecológica, que se define como la cantidad de recursos que se requieren para producir los bienes y servicios de una población [7]. Para el caso específico del agua se establecen mediciones de la huella hídrica, que relaciona el uso con el consumo humano por los diferentes sectores de la economía (agricultura, industria y doméstica) [3]; tipificando el agua según las procedencias y usos (azul: ríos y lagos, verde: precipitaciones y retenida en el suelo y gris: servida y contaminada) [8].

La huella hídrica, permite cuantificar las cantidades de agua utilizadas para producir un bien o un producto [9] y propone modos de producción más eficientes en cuanto al uso del recurso [10]. Algunos estudios reportan que para producir un litro de leche y un kilogramo de carne se requieren 1,2 m³ y 1,5 m³ de agua respectivamente [11].

En Colombia, algunos estudios documentan el cálculo de este indicador, evaluando algunos aspectos productivos del sistema [12], sin embargo es necesario realizar tales mediciones tendientes a establecer estrategias de ahorro de agua, las cuales son importantes a la hora de diseñar políticas encaminadas a la solución de los problemas relacionados con la degradación de la tierra, el calentamiento global, escasez del agua, y la pérdida de biodiversidad [13].

Por lo anterior y con el fin de valorar la eficiencia en el uso del agua de un sistema ganadero, se midió la huella hídrica de una finca ganadera ubicada el corregimiento del Rozo del Municipio de Palmira en el Valle del Cauca.

MÉTODO

Localización

La unidad productiva se halla en municipio de Palmira (Corregimiento de Rozo), zona plana del Valle geográfico del Río Cauca localizada entre los 900 a 1000 msnm, caracterizada por usos del suelo dedicado a las actividades agrícolas y ganaderas desde el siglo XVI [14].

Cálculo de la Huella Hídrica

Para la determinación de la huella hídrica se tuvieron en cuenta los parámetros productivos del sistema ganadero, compuesto por Hartón del Valle. Se aplicó una encuesta para recopilar información primaria respecto al área del predio y distribución de los pastos, número de animales, vacas en ordeño, intervalo entre partos (IEP), vacas de descarte, días promedio de lactancia, producción de leche/vaca/ordeño/día. Con el fin de tener una aproximación de los parámetros productivos del hato, se calcularon los siguientes indicadores:

$$\text{Natalidad (\%)} = \frac{\text{No.Terneros Nacidos}}{\text{No.Vacas expuestas al toro}} \times 100 \quad (\text{Ec.1})$$

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{\text{No.Animales muertos}}{\text{No Animales del hato}} \times 100 \quad (\text{Ec.2})$$

$$\text{Producción de leche Ha/año} = \frac{\text{Producción diaria de leche} \times 356}{\text{No Ha en potreros}} \times 100 \quad (\text{Ec.3})$$

Carga Animal = UGG/ ha, donde:

1 UGG = 450 kg.

1 toro = 1,5 UGG,

1 vaca = 1 UGG,

1 novilla vientre = 1 UGG,

1 novilla levante (1 – 2 años) = 0,75 UGG,

1 ternero desteto (7m – 1 año) = 0,5 UGG

1 ternero = 0,2 UGG.

Basados en la metodología de Molina (2011), quien tiene en cuenta el agua que se requiere para la producción ganadera, se tomaron como referencia los datos climatológicos de precipitación y temperatura (Año 2014), que para el presente estudio fueron suministrados por la estación meteorológica ubicada en el corregimiento de Rozo (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en Colombia - CENICAÑA) y a las valoraciones del agua de acuerdo a la tipología propuesta [12,15, 16].

Agua azul

La cantidad de agua correspondiente a la ingesta directa de los animales, se calculó una vez registrada la cantidad de ganado, aplicándose los rangos establecidos en el cuadro 1, los cuales indican el volumen requerido de acuerdo a la etapa de desarrollo que se encuentra el animal [12].

Agua verde

Para hallar la cantidad de agua requerida por el forraje (agua virtual), fue necesario calcular el balance hídrico del cultivo de pastos, utilizando el software Balanço Hídrico Normal [17] que utiliza datos meteorológicos como precipitación y temperatura, más una constante (Kc), que determina el agua requerida para la producción de un cultivo, para gramíneas forrajeras corresponde a 0,95 [12].

Para el cálculo del agua indirecta en el sistema se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Agua Indirecta} = \frac{\text{CMV animal año} \times \text{ARC} - \text{ha} - \text{año}}{\text{Producción de Forraje verde del predio Há} - \text{año}} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde

CMV: Consumo del forraje verde

AGR: Agua Requerida por el Cultivo

Cuadro 1. Agua requerida para suplir las necesidades de bebida.

	Terneros	Novillas	Vaca de leche
Edad (años)	0-1	1-3	3-10
Rango consumo diario (L/día/animal)	4-18	18-30	40
Promedio consumo diario (L/día/animal)	11	24	40

Fuente: [12]

Cuadro 2. Agua requerida para servicios.

	Terneros	Novillas	Vaca de leche
Edad (años)	0-1	1-3	3-10
Promedio consumo diario (L/día/animal)	0	4	5

Fuente. [12]

Agua gris

Contempla actividades asociadas a la producción de leche, denominada también agua de servicio por ser usada en el lavado de establos, utensilios, tinas, ubres, etc., para cual se tuvo en cuenta los valores determinados en cuadro 2.

Cálculo del Agua Virtual

Una vez determinadas los tipos de agua antes mencionados, se procedió a calcular el agua que requiere un animal en sus 10 años de vida e igualmente el agua que se necesita para la producción de un litro de leche en la finca estudiada, para lo cual se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Agua Virtual} = \text{CAVa} + \text{CAVb} + \text{CAVs} \quad (\text{Ec.5})$$

Donde:

a: Agua del alimento

b: Agua bebida

s: Agua servida o del servicio

Huella Hídrica

Para obtener la cantidad necesaria para producir un litro de leche, se relacionó la cantidad de agua requerida para la producción de un litro de leche, lo que determinó la huella hídrica para este hato lechero.

RESULTADOS

Parámetros productivos

La encuesta realizada para determinar los parámetros productivos de la finca permitió obtener los siguientes datos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros productivos de la finca.

Parámetros	Finca
Inventario	
Vacas	22
Extracción	
Vacas	9
Terberos	10
Leche (L/año)	95031
Parámetros demográficos	
Intervalo entre partos (días) - IEP	406
Natalidad (%)	90
Mortalidad 0-1 (%)	3
Mortalidad 1-2 (%)	1
Mortalidad adultos (%)	1
Descarte vacas (%)	10
Días promedio de lactancia	300
Leche/vaca-ordeño (L/día)	16
UGG/hectárea	3,8
UGG	41,8
Superficie disponible (ha)	11
Número de vacas/ha	2,00
PN Kg/FV predio /Há/mes	2083,3
PN Kg/FV predio /Há/año	25000
Valor de la producción	
PROLECHE/HECTAREA (L/año)	8639
PROLECHE/VACAHATO (L/año)	4315
VALOR PRODUCCION (\$000/año)	55387
Carne (\$000/año)	5971
Leche (\$000/año)	49416
VARIACION EXISTENCIAS (\$000/año)	0

En cuanto a los parámetros productivos de la finca, se encontró un porcentaje de natalidad promedio del 90%, que para el ganado lechero en Colombia está entre 65 y 70%, por tanto, los resultados encontrados indican un comportamiento superior al promedio nacional. Respecto a los parámetros: intervalo entre partos (IEP) y porcentaje de mortalidad, los registros obtenidos son bajos comparados con los regionales, que reportan rangos entre 680 y 700 días de IEP y tasas de mortalidades en crías del 10% para el país. También, se destaca el resultado encontrado para el tiempo de lactancia (días), que coincide con el rango

que se reporta a nivel nacional, entre 9 y 10 meses para ganado de leche [18].

Es de anotar que las praderas están compuestas principalmente por pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*, divididas con cercas eléctricas, el pastoreo es rotacional, manejando dos potreros al día, lo que permite mantener cargas altas dentro del sistema ganadero [19], coincidiendo con lo encontrado en la finca, donde se reportan 3,8 UGG/ha, indicando carga alta, contrario a los registros nacionales que mencionan una carga entre 0,5 y 0,6 UGG [18], explicándose por las prácticas de manejo de cada finca, las cuales influyen de forma positiva o negativa en la producción forraje del pasto estrella, el cual disminuye la capacidad de rebrote al ser sometido a una alta presión de pastoreo o cortes sucesivos en suelos infértiles que facilita el crecimiento de especies invasoras de hoja ancha y céspedes [20].

La información obtenida en la finca para los parámetros productivos y demográficos superan los promedios nacionales que reporta FEDEGAN, sugiriendo un excelente manejo para el hato por parte del productor, probablemente el manejo de praderas, el sistema rotacional empleado y la suplementación realizada son adecuadas y permiten mejorar la productividad de la finca.

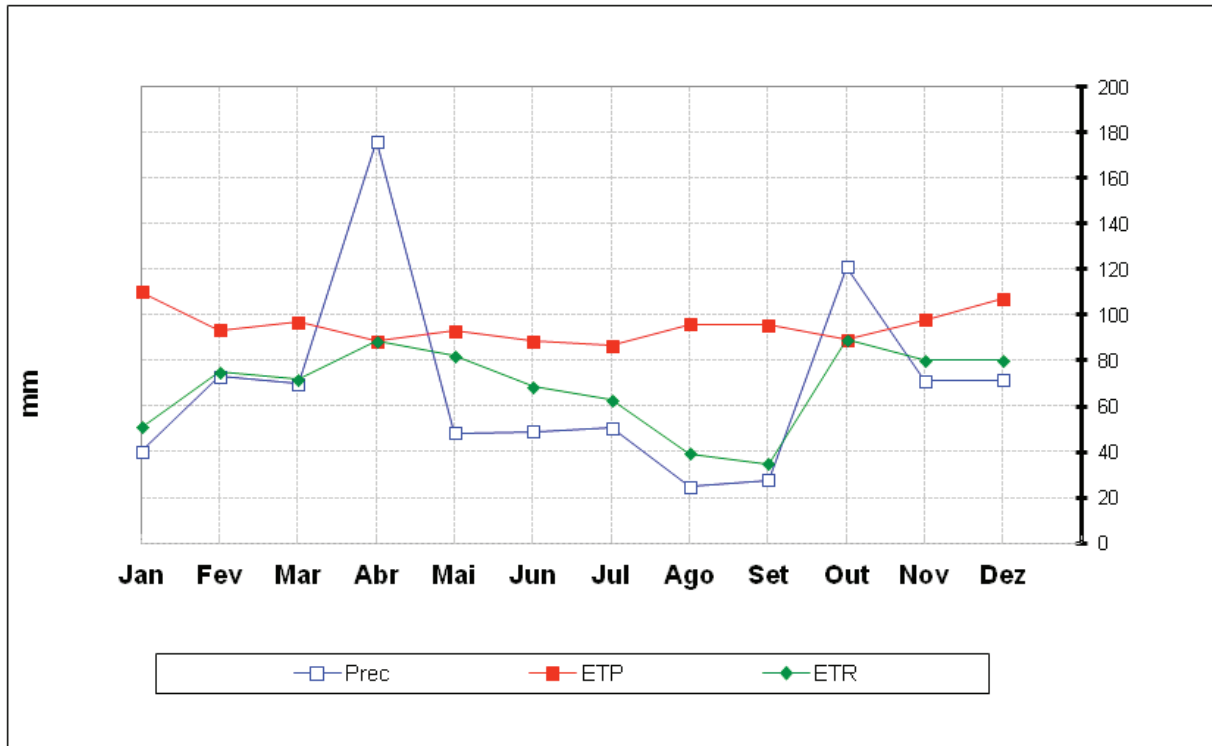
Agua Azul

En el cuadro 4 se anotan las cantidades en litros que requieren los animales de este hato.

Teniendo en cuenta, que las vacas suplen los requerimientos de agua por tres fuentes: bebida, contenida en los alimentos y producida por el metabolismo de nutrientes del cuerpo; este productor requeriría al año 197,83 m³, que corresponde al 83% (rango de

Cuadro 4. Agua bebida por los animales del hato.

Categoría	Nº Animales	Agua Requerida Para El Animal (L)	Agua De Bebida (L/Día)
Vaca (6 años)	9	40	360
Novilla (2 años)	3	24	72
Ternero (1 año)	10	11	110
Total animales	22		542
Total para 365/año			197830

Figura 1. Balance Hídrico para las condiciones agroecológicas del corregimiento de Rozo.

70% a 97%) de la ingesta total de agua demandada por las vacas [21].

Este volumen de agua es considerable, debido a los procesos de cambio climático y fenómenos meteorológicos (niño), que hacen que la provisión de agua se limite para el abasteciendo humano, presionando a que se generen estrategias de pastoreo sostenible, áreas para aparcamiento de animales y; prácticas de uso y reuso de agua en los sistemas agropecuarios [22].

Agua verde

Partiendo del comportamiento en el tiempo de las variables ambientales de precipitación, evapotranspiración y de referencia, se calculó el balance hídrico de un cultivo (Figura 1).

Las variables tuvieron un régimen climático bimodal, dos temporadas lluviosas (Marzo-Abril-Mayo y Septiembre-Octubre-Noviembre) y dos secas (Enero-Febrero y Julio-Agosto) Los registros promedios anuales fueron de 823 mm para la precipitación, de 29°C para la temperatura y 95,21 para la evapotranspiración [23, 19].

Para el cálculo del Balance Hídrico Normal del *Cynodon nlemfuensis* o agua de consumo indirecto, se tuvo en cuenta los registros climáticos anteriormente anotados y los resultados se indican en el siguiente cuadro.

El software muestra un requerimiento total de agua de 7823,54 m³/año/ha para las praderas compuestas por el pasto estrella, donde las manifestaciones climáticas del periodo evaluado, se presentaron dentro de los requerimientos de la especie *Cynodon nlemfuensis*, el cual se halla entre precipitaciones de los 800 – 2800 mm anuales [22,24], lo que hace inferir que el requerimiento hídrico es suplido por las lluvias presentadas durante el periodo de estudio [17,18].

Es de resaltar que el consumo de forrajes con altos contenidos de agua (*Cynodon nlemfuensis*: 80%) aportan gran parte de los requerimiento de agua del ganado, disminuyendo de esta manera la cantidad suministrada de forma directa [25].

Partiendo que un animal consume de forraje verde entre el 12 al 15 % de su peso vivo [26], se calculó la cantidad agua indirecta consumida, en el cuadro 6 se anotan los resultados.

Cuadro 5. Balance hídrico de cultivo de pasto estrella *Cynodon nlemfuensis*.

Mes	Precipitación mensual	Evapotranspiración	Evapotranspiración de referencia	kc pastos	wvc mm/mes	wvz m³/mes/ha
Jan	40,30	110,16	50,85	0,95	48,31	483,10
Fev	73,20	93,46	75,11	0,95	71,35	713,58
Mar	69,70	96,76	71,72	0,95	68,13	681,35
Abr	176,20	88,45	88,45	0,95	84,02	840,27
Mai	48,10	92,98	82,18	0,95	78,07	780,73
Jun	48,90	88,42	68,54	0,95	65,11	651,17
Jul	50,60	86,56	62,84	0,95	59,69	596,98
Ago	24,90	95,84	39,27	0,95	37,30	373,07
Set	27,80	95,59	34,65	0,95	32,91	329,17
Out	121,00	89,31	89,31	0,95	84,84	848,46
Nov	71,20	97,93	80,29	0,95	76,275	762,75
Dez	71,40	107,08	80,30	0,95	76,28	762,86

Es de anotar que para el total de los 22 animales presentes en el sistema ganadero se requieren 26853,51 kg de forraje verde, los cuales necesitaran 8043,54 m³ de agua para mantener la productividad de la pradera, este valor es el equivalente del agua verde, la cual corresponde a los aportes del agua de lluvia, dado a que en este ható no se evidenció sistemas de riego.

Agua gris

Con base en la metodología propuesta se calculó el agua requerida para las labores de limpieza y aseo (servicio) (cuadro 7) [12].

Conforme a un periodo de un año el valor del agua gris es de 20,8 m³, valor de importancia, dado a que no solo es el consumo del agua, sino la carga contaminante (orgánica) que contiene después del servicio y a la cual se le debe dar un adecuado manejo para evitar contaminación de fuentes hídricas de la finca.

Los resultados fueron menores a los reportados en Panamá (54,68 m³) [27], similares a los registros del valle del cauca [12] y dentro del rango 13 a 27 L/vaca/día [21]. Esta variabilidad va a depender de las instalaciones de ordeño y fugas en la red de distribución, las cuales permiten priorizar las actividades y reducir las cantidades de agua utilizadas [28,29]. En este sentido, una buena práctica de uso eficiente de agua podría ser el mantenimiento y reparación oportuna de la red de distribución de agua y garantizar bebederos en buen estado [27].

Agua virtual

Para el cálculo del agua virtual de la finca se sumó el agua verde, azul y gris de acuerdo a la fórmula planteada.

$$CAV = 197,83 \text{ m}^3 + 7823,54 \text{ m}^3 + 20,8 \text{ m}^3$$

$$CAV = 8622,17 \text{ m}^3/\text{año}$$

Cuadro 6. Calculo del Agua Verde para el sistema ganadero.

Categoría	N° Animales	Peso del animal (Kg)	Consumo de FV :12 %	Consumo FV animal año	PN Kg/FV predio / Ha/mes	PN Kg/FV predio / Ha/año	Agua requerida/ Ha/año/m³	Agua requerida por el forraje (m³)
Vaca (6 años)	9	341	40,96	14950,42				4678,58
Novilla (2 años)	3	200	24	8760	2083,3	25000	7823,5	2741,35
Ternero (1 año)	10	72	8,61	3143,09				983,60

FV: Forraje Verde

PN: Producción

Cuadro 7. Calculo del Agua gris o de Servicio.

Categoría	N° Animales	Agua requerida para servicio (L)	Agua de servicio/Animal (L)
Vaca (6 años)	9	5	45
Novilla (2 años)	3	4	12
Ternero (1 año)	10	0	0

El valor obtenido es inferior a lo reportado por algunos autores, los cuales afirman que un animal requiere 39443 m³ en USA; mientras que en Colombia se reportan para todo un ciclo de vida 6097,98 m³ / animal/10 años [12]. Esta variabilidad probablemente se debe a las prácticas de manejo realizadas en cada ható, donde el ganado puede demandar mayor cantidad de agua cuando se maneja en confinamiento, por el componente alimenticio, basado en bancos forrajeros, ensilajes y concentrados, que incrementan la necesidad de líquido en el animal; y a que en estas fincas se usa mayor volumen de agua para lavado de salas de ordeños y garrafones para almacenar leche [6,7,15, 27].

Huella hídrica

Partiendo del concepto que es la cantidad de agua que se requiere para producir un bien, que para este caso es la leche, se puede decir que en un sistema de producción con ganadería de leche, con sistema de pastoreo y bajo condiciones climáticas características del corregimiento de Rozo; una vaca necesita 1,9 m³ de agua para producir un litro de leche; los resultados son acorde con diferentes autores los cuales reportan requerimientos que varían entre 1 a 2 m³/L de leche [15,27,28,29].

Otras investigaciones difieren de estos resultados (0,16 a 0,33 m³), lo que se puede explicar a la metodología usada, ya que el agua utilizada en la producción de leche, el 97,4% lo representa el agua verde o el requerimiento que tienen los pastos para un buen crecimiento, la cual se obtiene mediante las lluvias que se presentan en la zona [28, 29].

Tales diferencias se pueden atribuir al manejo agrónomo de las praderas en la finca, pues estos se realizan sin presencia de especies arbóreas o arbustivas (potreros limpios); y el uso de estas especies en sistemas productivos ganaderos (sistemas silvopastoriles) hace

que sus raíces extraigan agua de horizontes más profundos del suelo haciendo eficiente el uso y manejo del agua en los sistemas ganaderos [11,29].

CONCLUSIONES

El pasto estrella *Cinodon nlemfuensis* bajo las condiciones ambientales de Rozo del municipio de Palmira Valle del Cauca Colombia, requiere de 7.823,5 m³ de agua por hectárea al año, equivalente al 97,4% del agua virtual requerida para la producción de leche.

El manejo de la pradera y los sistemas rotacionales, por una parte van a permitir disminuir la huella hídrica como una estrategia de manejo sostenible del recurso, y por otra, contribuye mejorar la productividad del ható.

Bajo las condiciones ambientales del corregimiento de Rozo, municipio de Palmira y con una alimentación basado en forraje de pastoreo, se requiere 1,9 m³ de agua para producir un litro de leche, por lo cual se hace necesario establecer estrategias de uso y reuso del agua mediante establecimiento de cosechas, reservorios y manejo de aguas de lavado con el fin de ser reutilizadas en sistema ganadero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al ganadero del municipio de Rozo por permitir el acceso a la Finca, al profesor Hugo Sánchez de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira por la orientación en de aspectos técnicos de la temática, a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca por el apoyo en la redacción al presente documento.

REFERENCIAS

- [1] KUYLENSTIERNA, J., DESTOUNI, G. and LUNDQVIST, J. Feeding the future world. Securing enough food for 10 billion people. En: Swedish Research Council Formas. Estocolmo (Suecia): Water for Food, 2008, p. 9-22.
- [2] BENSON, T. and SAMUEL, M. Livestock development planning in Uganda: Identification of areas of opportunity and challenge. Land use policy, 35, 2013, p. 131-139.

- [3] RAMÍREZ, A. Caracterización y tipificación de las fincas ganaderas en ecosistemas montañosos del macizo Sierra Maestra [PhD Thesis]. La Habana (Cuba): Instituto de Ciencia Animal, 2010.
- [4] LOPEZ-I-GELATS, F. Impacts of Climate Change on Food Availability: Livestock. Global Environmental Change. Springer (Netherlands): 2014, p. 689-694.
- [5] PASCUAL, F.G. ¿Un nuevo modelo rural en Ecuador? Cambios y permanencias en los espacios rurales en la era de la globalización. Íconos-Revista de Ciencias Sociales, 29, 2013, p.77-93.
- [6] ROTH, E, ROSENTHAL, H. and BURBRIDGE. A discussion of the use of the sustainability index: "Ecological footprint" for aquaculture production. Aquatic Living Resources, 2001, p. 461-469.
- [7] WACKERNAGEL, M. and REES, W. Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the earth. Gabriola Island (BC): New Society Publishers, 1996, 250 p.
- [8] FALKENMARK, M. Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. Philosophical Transactions of the royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 358, 2003, p. 2037-2049.
- [9] HOEKSTRA, A.Y., ASHOK, K., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M. and MEKONNEN, M. The Water Footprint Assessment Manual. Washington DC (USA): Earthscan, London, 2011, 22 p.
- [10] CHAPAGAIN, A.K. and ORR, S. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: a case of Spanish tomatoes. Environmental Management, 90(2), 2009, p.126-137.
- [11] HOEKSTRA, A.Y. The hidden water resource use behind meat and dairy. Animal Frontiers, 2(2), 2012, p.3-8.
- [12] MOLINA, R. Sostenibilidad de los sistemas ganaderos localizados en el parque nacional natural de las hermosas y su zona de influencia [Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias]. Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2011, 145 p.
- [13] FERNÁNDEZ, E. Metodologías para la evaluación y mejora del impacto ambiental de los sistemas ganaderos: análisis comparado y posibilidades de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes de Andalucía [Tesis de Maestría de Zootecnia y Gestión Sostenible. Ganadería Ecológica e Integrada]. Andalucía (España): Universidad de Andalucía, 2010, 210 p.
- [14] VARGAS, W. Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: una aproximación a su flora actual. Biota Colombiana, 13(2), 2012, p.102-164.
- [15] CHAPAGAIN, A.K. and HOEKSTRA, A.Y. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. Amsterdam (Netherlands): Value of water research report series No. 13, UNESCO-IHE Institute for water education, 2003, 202 p.
- [16] CHAPAGAIN, A. and HOEKSTRA, A. Water footprints of nations. Amsterdam (Netherlands): Value of Water Research Series. No 16, UNESCO-IHE, Delft, 2004, 187 p.
- [17] PEREIRA, A.R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. Bragantia, 64(2), 2005, p.311-313.
- [18] FEDERACION COLOMBIANA DE GANADEROS (FEDEGAN). Foro de Empresarización y Competitividad: Costos e indicadores de la productividad en la ganadería Colombiana. Oficina de Investigaciones económicas de FEDEGAN. Bogotá (Colombia): 2013, 47 p.
- [19] VOISIN, A. Dinámica de los pastos. Madrid (España). Tecnos, 1962, 452 p.
- [20] COOK, B.G., *et al.* Tropical Forages: an interactive selection tool. Brisbane (Australia): CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT and ILRI, 2015.
- [21] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washington (USA): National Academy of Sciences, 2001, 234 p.
- [22] COLOMBIA. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC), FUNDACIÓN AGUA VIVA (FUNAGUA). Aunar esfuerzos técnicos y económicos para realizar el análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del mapa de ecosistemas de Colombia, para la jurisdicción del Valle del Cauca. Cali (Colombia): Informe Final, 2010. p. 243.
- [23] CHACÓN DE ULLOA, P., OSORIO-GARCÍA, A.M., ACHURY, R. y BERMÚDEZ-RIVAS, C. Hormigas (Hymenoptera: *Formicidae*) del Bosque seco Tropical (Bs-T) de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. Biota Colombiana, 13(2), 2012, p.165-181.

- [24] VILLALOBOS, L. and ARCE, J. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 37(1), 2013, p.91-101.
- [25] WINCHESTER, C.F. and MORRIS, M.J. Water intake rates of cattle. *Journal of Animal Science*, 15(3), 1956, p. 722-740.
- [26] MAYNARD, L.A. and LOOSLI, J.K. *Nutrición animal*. Madrid (España): McGraw-Hill, 1981.
- [27] MUÑOZ-QUINTERO, W. Cálculo de la huella hídrica en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá. [Tesis de Maestría en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas]. Turrialba (Costa Rica): Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Escuela De Posgrado, 2014, 92 p.
- [28] ZAPATA, Á., MURGUEITIO, E., MEJÍA, C., ZULUAGA, A.F. e IBRAHIM, M. Efecto pago por servicios ambientales en la adopción de sistemas silvopastoril en paisajes ganaderos de la cuenca media del río La Vieja, Colombia. *Agroforestería de las Américas*, 2007, 45(1), p. 86-92.
- [29] CHARLON, V., MANAZZA, J.F. y TIERI, M.P. Huella hídrica en tambos según diferentes sistemas de producción. IV Encuentro Argentino De Ciclo De Vida – III Encuentro Argentino De Huella Hídrica. Córdoba (Argentina). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015, p. 11.