

### **3. Artículo 2. Cálculo de la huella hídrica en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá**

#### **Resumen**

En el presente estudio, se calculó la huella hídrica por litro de leche, huella hídrica por unidad animal no lactantes y huella hídrica por fincas ganaderas. Se seleccionaron 9 fincas; 3 fincas con alto nivel tecnológico (FNTA), 3 fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y 3 fincas de nivel tecnológico bajo (FNTB). Para el cálculo se tomó en cuenta el hato ganadero de las fincas, el cual fue categorizado en vacas en producción, terneros y terneras, novillos y novillas de 1 a 3 años, vacas horras y sementales.

Para realizar el cálculo de la huella hídrica se midieron los consumos directos de agua (CDA), mediante diferencia de volumen inicial y residual (inicio y final del día); consumos indirectos de agua con base en el consumo de materia seca total del hato y la cantidad de agua requerida para producir un 1 kilogramos de materia seca del alimento ofrecido; y mediante aforos volumétricos se obtuvieron los usos de agua requeridos para lavado de pisos, galeras, corrales, utensilios para ordeño, actividades de manejo del hato (vacunación, desparasitación y baños) y las pérdidas de agua por fugas. La huella hídrica por litro de leche y huella hídrica por unidad animal se obtuvo a partir de las sumas de consumos de agua, producción de leche y las unidades animales promedios. Posteriormente, se calculó la huella hídrica promedio por finca, con base en el hato de la finca.

La huella hídrica para época seca fue 951,31; 1082,96 y 1111,3 l agua/l leche/día; en las fincas FNTM, FNTA y FNTB respectivamente; mientras que en la época lluviosa fue 692,93; 962,76 y 1021,39 l agua/ l leche/día para FNTA, FNTM y FNTB. El consumo de agua por unidad animal durante época seca fue 1646; 2185 y 2600 l/UA/día en las fincas FNTM, FNTB y FNTA respectivamente; en cambio, en la época lluviosa fue 3261,32; 3755,4 y 3832,65 l/UA/día para FNTA, FNTM y FNTB. Finalmente, el consumo de agua promedio para el hato de la finca fue 3681,75; 3708,27 y 3717,73 l agua/UA/día en fincas FNTA, FNTM y FNTB respectivamente. En el cálculo de la huella hídrica el consumo indirecto de agua es el componente de mayor relevancia ya que representa más del 90% del gasto de agua en las fincas. Por lo tanto, es necesario una mejor gestión en la producción, calidad y manejo de los recursos alimenticios para reducir la huella hídrica en las fincas ganaderas.

**Palabras claves:** unidad animal, materia seca, hato, tecnología, consumo de agua, huella hídrica

## **Section 2. Calculation of the water footprint in livestock farms in La Villa watershed, Panama**

### **Abstract**

In the present study the water footprint per liter of milk, water footprint per unit non-lactating animals and water footprint per cattle farm was calculated. Three farms with high technological level (FNAT), three farms with medium technology (FNTM) and three low-tech farms (FNTB) were selected for the study. The calculation took into account the whole herd farm, which was categorized in cows producing calves and heifers, steers and heifers from 1 to 3 years, dry cows and bulls.

Direct water consumption (CDA) were measured through the difference of initial and remaining volume (start and end of day). The indirect water consumption was based on consumption of total dry matter and the amount of water required to produce 1 kilogram dry matter of feed offered. This was done by calculating volumetric water uses required for washing floors, galleys, yards, utensils for milking, herd management activity (vaccination, deworming and bathrooms) and water loss through leakage. The water footprint to produce one liter of milk was calculated based on the consumption of total water use of lactating cows and the total milk production. The water footprint for non-lactating animal unit was obtained from the consumption of total water and the total batch non-lactating animals units. Finally the average water footprint per farm was calculated, based on the herd from the farm.

The water footprint per liter of milk for the dry season was 951.31, 1082.96, 1111.3 l water/l milk in FNTM, FNAT and FNTB farms; whereas in the rainy season it was 692.93, 962.76, 1021.39 l water/l milk in FNAT, FNTM and FNTB. In dry season the water footprint per animal unit was 1646, 2185 and 2600 l water/UA in FNTM, FNTB and FNAT. In the rainy season the water footprint was 3261.32, 3755.4 and 3832.65 l water/UA for FNAT, FNTM and FNTB. Finally, the average water consumption to the herd farm was 3681.75, 3708.27 and 3717.73 l water / UA / day in FNAT, FNTM and FNTB farms, respectively. The indirect water consumption is the most important component in calculation the water footprint because it represents more than 90% of water consumption on farms. Therefore, better management in the production and quality of food resource is necessary to reduce water footprint in cattle farms.

**Keywords:** animal unit, dry matter, herd, technology, water consumption, water footprint

### 3.1. Introducción

El aumento en la demanda de productos de origen animal, ejercen presión sobre el agua dulce mundial, Mekonnen y Hoekstra (2012). Debido a la acelerada urbanización y aumento de los ingresos, se prevé que la demanda de consumo de carne se incrementará de 37 kg por persona por año (1999–2001) a 52 kg en 2050 y se estima que gran parte de la producción agrícola se destinará a la producción de piensos para animales (FAO 2012). Según Steinfeld *et al.* (2009), la producción de leche crecerá de 580 a 1043 millones de toneladas para el año 2050.

En América Latina, durante los últimos años, gran parte del área boscosa fue deforestada para promover la ganadería extensiva, aumentó el área de pasturas y la producción de rumiantes pero con baja productividad (Murgueitio y Ibrahim 2000). Según Aguilar *et al.* (2010), en Centroamérica, se estima que alrededor de 350 000 familias se dedican a actividades ganaderas y utilizan pasturas bajo pastoreo como principal fuente de alimento para sus animales. Asimismo, entre el 50 y 80% de las pasturas están degradada (Pezo 2009). Por otra parte, muchas de esas fincas, carecen de agua en época seca lo que deriva en pérdidas para la producción (Palma *et al.* 2011).

Se considera el sector pecuario como un factor clave en el aumento del uso del agua ya que es responsable del 8% del consumo mundial de dicho recurso (Steinfeld *et al.* 2009). En Panamá, la región de Azuero es considerada como la zona de mayor presión sobre el recurso hídrico, ya que desarrollan importantes actividades de riego y pecuarias (Trejos 2011). En dicha región se ubica la cuenca río La Villa, en esta cuenca, la ganadería utiliza el 60 % del territorio total (77391 ha), y es una de las actividades de mayor importancia económica (Faustino *et al.* 2008). En este sentido, cobra importancia el desarrollo de un modelo de ganadería sostenible con estrategias que contribuyan a mayor productividad de agua (Hanjra y Qureshi 2010).

Se han planteado algunos indicadores para conocer el consumo de agua en las actividades ganaderas. Uno de ellos es la huella hídrica, el cual se considera como un indicador integral de agua dulce que permite conocer el consumo de agua directo e indirecto, de productos originados de la ganadería (Hoekstra *et al.* 2011).

Bajo este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo calcular la huella hídrica para producir un litro de leche y la huella hídrica por unidad animal en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca río La Villa en función de los niveles tecnológicos identificados en las fincas.

## 3.2. Materiales y métodos

### 3.2.1. Sitio del estudio

El estudio se desarrolló en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, la cuenca pertenece a la vertiente del Pacífico, en la península de Azuero, entre las coordenadas geográficas 7° 30' y 8° 00' de latitud norte y 80° 12' y 80° 50' de longitud oeste, y cubre el 57,39% de la provincia de Herrera y un 42,61% de la provincia de Los Santos, su forma es alargada y bastante ancha en la parte alta y más angosta a medida que se aproxima al océano Pacífico (Faustino *et al.* 2008).

En la cuenca río La Villa, la ganadería es una de las actividades de producción que históricamente ha contribuido al desarrollo económico del área. La cuenca representa la principal fuente de recursos hídricos capaz de sostener el proceso de crecimiento y desarrollo de la población y su actividad económica (ANAM 2009).

Predomina ligeramente el clima seco tropical que presenta 55% de cobertura con zonas de vida de bosque seco tropical y húmedo tropical con 36 y 32% de cobertura, respectivamente. El 70% de las tierras de la cuenca comprende suelos que presentan severas limitaciones para su empleo en actividades agropecuarias. El paisaje de la cuenca está dominado (85%) por áreas de cultivo, sabanas y vegetación secundaria pionera (ANAM 2009).

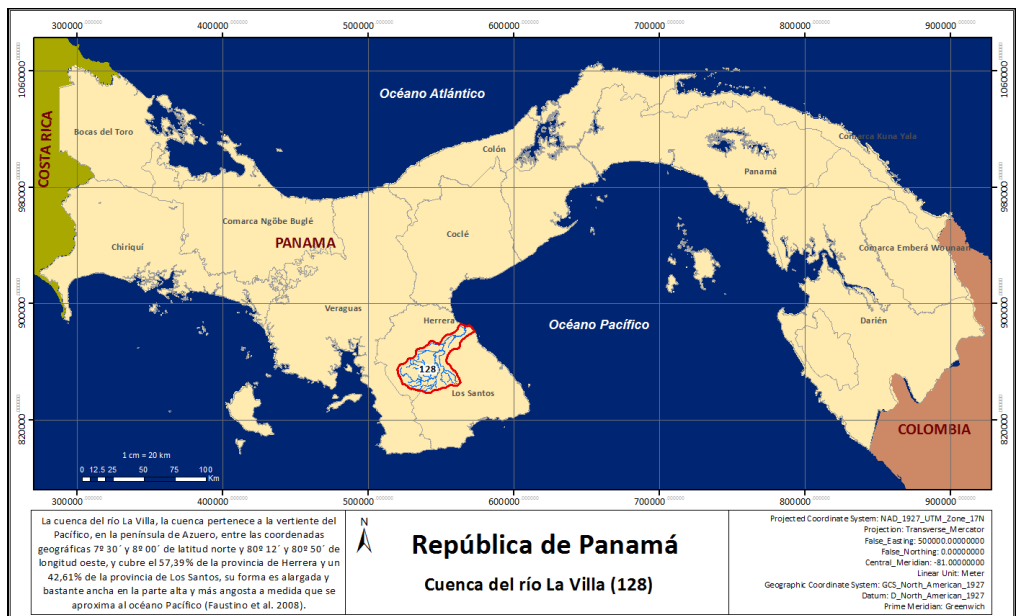


Figura 11. Macro localización geográfica de la cuenca del río La Villa.

Fuente: CATIE (2013)

### 3.2.2. Selección de fincas

Con base a una población total de 211 fincas ganaderas identificadas por el proyecto FONTAGRO, las cuales mediante un análisis multivariado fueron tipificadas en tres clases, fincas con nivel tecnológico alto (FNTA), fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y fincas con nivel tecnológico bajo (FNTB); y tomando en cuenta aspectos de logística, colaboración de productores y accesibilidad, fueron seleccionadas 9 fincas representativas, tres por cada categoría. El estudio tuvo especial enfoque en el contraste tecnológico presente en las fincas.

### 3.2.3. Selección de animales

Se utilizó todo el hato de la finca, en el cuadro 9 se observa que fue categorizado en: i) vacas en producción, ii) vacas horras<sup>3</sup>, iii) terneros de 1 a 6 meses de edad, iv) terneros y terneras de 8 meses a 1 año, v) novillos y novillas de 1 a 3 años y vi) sementales.

**Cuadro 9.** Estructura del hato según categorías (unidades animales promedios) para los diferentes grupos de fincas en cada época del año.

Categorías Animales	Seca			Lluviosa		
	FNTA	FNTM	FNTB	FNTA	FNTM	FNTB
Novillos y novillas de 1-2,5 años	25,36	7	7,52	10,1	6,9	1,81
Terneros de 8 - 12 meses	3,15	2,07	2,97		1,99	1,62
Terneros de 1-6 meses	11,22	4,4	4,89	10,43	4,74	4,68
Toros sementales	1	1,25	4,1	2,5	0,91	3,93
Vacas horras	29,59	16,09	16,38	22,08	14,8	3,1
Vacas en producción	43	23	32	58	26	29
<b>Total</b>	<b>113,32</b>	<b>53,81</b>	<b>67,86</b>	<b>103,11</b>	<b>55,34</b>	<b>44,14</b>

**FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.**

### 3.2.4. Medición de variables en fincas

Las variables medidas fueron: peso de los animales, porcentaje de materia seca de los forrajes (%MSF), consumo de materia seca de los animales (CMS) según dieta ofrecida, producción de leche (PL), litros de agua utilizados para producir un kilogramo de forraje seco (RA/kg/MSF), consumos directos de agua (CDA), consumos indirectos de agua (CAI) y Usos de agua (UdA).

<sup>3</sup> Vacas horras; vacas que no están en producción de leche.

El monitoreo de variables para el cálculo de huella hídrica (HH) y consumos de agua, se realizó para época seca y lluviosa, con el fin de comparar si existía un comportamiento distinto en las variables según la época del año. El planteamiento del factor época, se debió al supuesto que la estacionalidad climática (seca y lluviosa) influye en el tipo de manejo realizado al ganado, lo cual también podría afectar los consumos de agua en las fincas (Gutiérrez 1996, Medina *et al.* 2009, Hassán 2011).

#### **3.2.4.1. Peso de los animales y condición corporal**

El peso se estimó en época seca y lluviosa, con una cinta para pesaje de ganado doble propósito ajustada a la zona de estudio (Villarreal 2007). La condición corporal (CC) se estimó mediante observación al hato y se utilizó una escala de 1-5 (1 = vaca muy flaca; 2= Vaca flaca; 3=Vaca en buena condición; 4=vaca gorda; 5=vaca muy gorda) (Salgado *et al.* 2008).

#### **3.2.4.2. Materia seca de los forrajes (% MSF)**

Forraje:

Se pesó el alimento fresco total ofrecido a los animales, posteriormente se tomaron muestras (200 a 500 gr) y se secaron en un horno a 65 °C durante 72 horas, luego se calculó el % de MSF con la siguiente fórmula:

$\% \text{ MSF} = \frac{\text{PSF}}{\text{PFF}} * 100$ ; Donde: PFF = peso fresco del forraje en g; PSF = peso seco del forraje en g.

Concentrados<sup>4</sup>: se utilizó el valor de MS reportado en la etiqueta.

#### **3.2.4.3. Consumo de materia seca (CMS)**

El consumo de materia seca por animal se obtuvo con la siguientes fórmula:

$\text{CMS /animal} = \% \text{ MSF} * \text{PFF}$ ; Dónde:

% MSF = porcentaje de materia seca del forraje ofrecido; PFF = peso fresco del forraje ofrecido

---

<sup>4</sup> La HH del concentrado es de 1329 l agua/kg (calculado a partir de Mekonnen y Hoekstra 2010).

El consumo de materia seca se estimó a partir de información secundaria; para época seca se utilizó un CMS de 1,40% del peso vivo (PV) (Gutiérrez 1996, Araujo-Febres 2005, Paciullo *et al.* 2008, Tarazona *et al.* 2012). Para época lluviosa, se asumió que los animales tienen un CMS de 2,5% del peso vivo del animal (PV) (Gutiérrez 1996, Hassán 2011). El CMS total de los animales se estimó mediante la sumatoria del CMS en pastoreo y los CMS obtenidos de los suplementos.

#### **3.2.4.4. Producción de leche**

Se visitó cada finca y en el momento del ordeño se midió la producción de leche; durante cinco días en época seca y tres días en época lluviosa, de forma continua; utilizando un recipiente de volumen conocido (20 litros).

#### **3.2.4.5. Consumo de agua en la producción de forraje**

Para el cálculo de los requerimientos de agua de los forrajes (RAF) se utilizó el programa CROPWAT-FAO (<http://cropwat.software.informer.com/8.0/>). Este programa es recomendado por la FAO para calcular los requerimientos de agua de los cultivos a partir de datos climáticos y del cultivo.

Con base en revisión de estudios realizados por Sánchez (2011), Broussain (2011) y Ríos *et al.* (2012), se calculó la cantidad de agua requerida para producir un kilogramo de forraje seco (1 agua/kg MS forraje), a partir del requerimiento de agua del forraje (RAF) el cual se expresa en lámina de agua (mm), y la producción de MS del forraje por hectárea expresado en kg.

#### **3.2.4.6. Consumo directo de agua (CDA)**

Referida al agua consumida de manera directa por el animal, se hizo mediante el uso de bebederos. Los volúmenes de agua en los bebederos se midieron en dependencia del tipo de bebedero y las características de la red de conducción de agua; se utilizaron cintas métricas, medidores de agua y en algunos casos recipientes con capacidad de 20 litros.

Las mediciones se realizaron de forma continua, cinco días para época seca y tres días en época lluviosa. El método consistió en medir el volumen de agua ofrecido a los animales al inicio del día (06:00 h) y el volumen de agua residual al final del día (24:00 h) y por diferencia de volúmenes se calculó el consumo directo de agua total para el hato (Meyer *et al.* 2006, Ríos *et al.* 2012); el cual fue correlacionado con su peso vivo, para expresar un valor de consumo directo en función del tamaño corporal ya que es un factor que determina el consumo directo de agua del ganado (Palma *et al.* 2011).

### 3.2.4.7. Consumos indirectos de agua (CAI)

Se estimó con base en la cantidad de kg de MS consumido por el hato según tipo de alimentación ofrecida y la cantidad de agua requerida para producir un kg de MS. Se utilizó la fórmula planteada por Ríos *et al.* (2012):

$$CAI = \frac{AC \times A}{H};$$

Donde:

**CAI**= consumo indirectos de agua en litros

**Ac**= alimento consumido por el hato (kg/MS)

**A**= litros de agua utilizados para producir 1 kilogramo de MS

**H**= número de animales de la finca (vacas en producción y lote de animales no lactantes).

Para calcular el CAI referido a huella hídrica por litro de leche, en el valor de H sólo se consideran vacas en producción. En caso del cálculo de CAI referido a consumo de agua por unidad animal, en el valor de H se incluyen el total de unidades animales de la finca.

### 3.2.4.8. Usos de agua en las actividades de manejo del hato

Las mediciones de los usos de agua se realizaron mediante aforos volumétricos (Villón 2004). Se aforaron; fugas en bebederos y red de distribución de agua, gastos de agua en lavados de recipientes utilizados para almacenamiento de leche y pisos de galeras, agua incluida en vitaminación, desparasitación y baños de los animales.

### 3.2.5. Análisis de la información

El análisis de los consumos de agua y huella hídrica, se realizó con modelos lineales, generales y mixtos con varianzas distintas por grupos y épocas, se utilizó el software INOFSTAT (Di Rienzo *et al.* 2008). Las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de Fisher con un  $\alpha = 0,05$ .

## 3.3. Resultados y discusión

### 3.3.1. Vacas en producción de leche

#### 3.3.1.1. Consumo directo de agua (CDA)

La interacción grupo\*época fue significativa en el comportamiento del CDA (Figura 12). Durante la época seca el consumo directo de agua fue menor en las fincas FNTA con 30,69 l/vaca/día lo cual corresponde a 8,44% del peso vivo y el mismo patrón se observó para la época lluviosa con 24,76 l/vaca/día que corresponde 5,57% del PV (cuadro 10).



Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por otros estudios en zonas tropicales. Chávez y Morales (2003) y Palma *et al.* (2011) señalan que el CDA de los bovinos en ambientes tropicales varía entre 6 – 12% del peso vivo. Ríos *et al.* (2012), en un estudio en fincas ganaderas doble propósito de Jinotega y Matiguas en Nicaragua encontraron CDA entre 7,5 y 10% peso vivo.

**Cuadro 10.** Valores promedios de consumo directo de agua (CDA) obtenido para cada grupo de fincas en función de la época del año.

Grupo	Época seca		Época lluviosa	
	CD en litros	CD en % de PV	CD en litros	CD en % de PV
<b>FNTA</b>	30,69	8,44	24,76	5,57
<b>FNTM</b>	39,96	9,03	22,23	7,21
<b>FNTB</b>	45,4	10,16	32,63	8,47

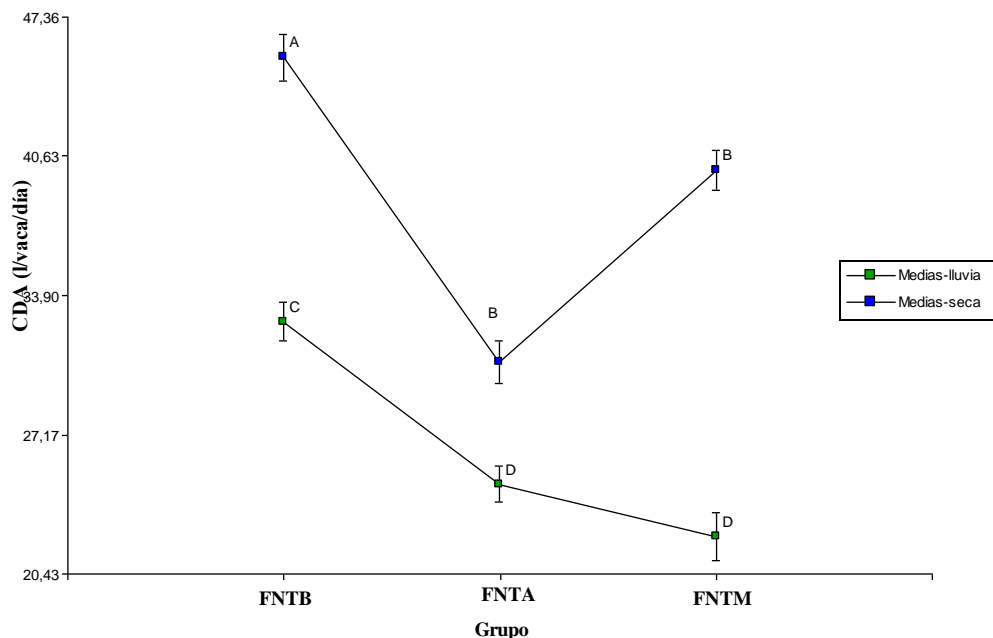
**FNTA= fincas con nivel tecnológico alto, FNTM= fincas con nivel tecnológico medio, FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo; CD = consumos directos de agua; PV = peso vivo.**

El CDA probablemente está condicionado por el manejo que realizan los ganaderos en dependencia de la época del año. Según Palma *et al.* (2011), el CDA está relacionado al peso vivo, condición corporal, estado fisiológico y raza del ganado. Por otro lado, Arias *et al.* (2008), Cardot *et al.* (2008) y Lukas *et al.* (2008) explican que factores ambientales como temperatura, precipitación y humedad influyen en el CDA, además de la composición de la dieta.

En época seca, fincas FNTA y FNTM obtuvieron CDA más bajos en contraste con FNTB. Estas diferencias pueden deberse a que las fincas FNTA y FNTM ofrecieron una alimentación a base de forrajes de corte, ensilajes y pasturas; los cuales aportaron mayor cantidad de agua indirecta con respecto a las fincas FNTB cuya alimentación principal fueron pasturas. Según Winchester y Morris (2013), el consumo de forrajes con altos contenidos de agua aportan gran parte de los requerimiento de agua del ganado. Otro factor que podría explicar un mayor CDA, es la presencia de fibras en el pasto. Según Villarreal (2008), en época seca las pasturas tropicales tienen alto contenido de fibra, lo cual puede aumentar el consumo de agua directo del ganado.

Durante la época lluviosa, el CDA fue menor en comparación con la estación seca. Los porcentajes de disminución fueron: 44; 28,13 y 19,32%; en fincas FNTM, FNTB y FNTA respectivamente. Menor CDA obtenido, confirman lo reportado por Arias *et al.* (2008), quienes indican que en estación seca los CDA se duplican con relación a estación lluviosa.

Un bajo CDA durante la estación lluviosa, pueden deberse a dos factores; mayor consumo de forraje con alto contenido de humedad comparado con la época seca y menor temperatura ambiental (28,31 °C en seca y 27,90 °C en lluviosa). Según Arias y Mader (2010), los consumos directos de agua tienden a ser menores en temperaturas más bajas.



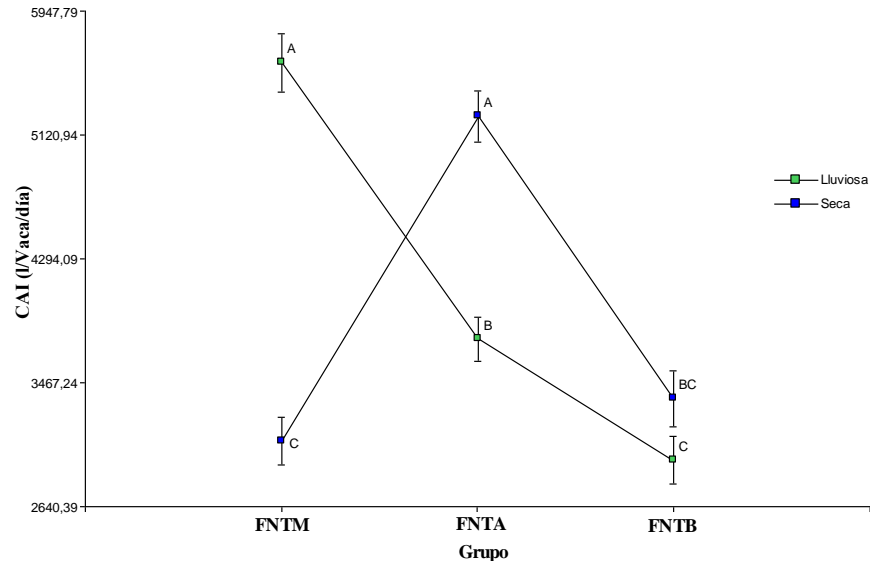
**Figura 12.** Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para el consumo directo de agua (CDA). FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

### 3.3.1.2. Consumo indirecto de agua (CAI)

Los consumos indirectos de agua (CAI) fueron significativos en la interacción grupo\* época ( $p < 0,0001$ ). Los CAI para la época seca fueron: 5244,50, 3363,38 y 3075, 52 l/vaca/día en fincas FNTA, FNTB y FNTM respectivamente, en cambio, en época lluviosa se obtuvo 5603,6, 3759,04 y 2948,13 l/vaca/día en fincas FNTM, FNTA y FNTB respectivamente. Estos resultados se acercan a los CAI reportados en el estudio realizado por Ríos *et al.* (2012) para Nicaragua; 4352,37 l/d en Matiguas y 3953, 37 l/d en Jinotega. No obstante, el CAI en FNTA fue superior a lo reportado en dicho estudio. Esto puede deberse a que en el presente estudio se contabilizaron los aportes de agua de cada alimento ofrecido; a diferencia del estudio en Nicaragua que se trabajó con CAI basados sólo en pasturas.

La interacción grupo\*época en relación con el CAI (figura 13), puede deberse a las distintas estrategias de alimentación utilizadas en las fincas según la época del año. Durante época seca el grupo FNTA utilizó forrajes de corte (Maiz, sorgo forrajero, Leucaena y caña), ensilajes, concentrados y pasturas.

El grupo FNTM usó forrajes de corte (Maíz y sorgo forrajero), ensilajes, pasturas, henos (pacas de pastos) y poco concentrado; y FNTB con pasturas y en menos proporción sorgo forrajero y concentrado. En cambio, en la época lluviosa la principal estrategia de alimentación es el pastoreo y en pocos casos se suministran concentrados.



**Figura 13.** Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para el consumo indirecto de agua (1 agua/vaca/día). FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

Por otro lado, el CAI corresponde al volumen de agua que ingieren los animales en alimento consumido (Mekonnen y Hoekstra 2012). Por tanto, el tipo de alimento ofrecido puede influir directamente en el CAI ya que los contenidos de agua requeridos para su producción son variables.

En el cuadro 11, se observa que la dieta ofrecida a los animales para época seca está compuesta principalmente por forrajes: 97,19, 93,54 y 87,89% para FNTM, FNTB y FNTA respectivamente. Por ende, las pasturas son un factor importantes a considerar para el uso eficiente del agua en fincas ganaderas, ya que son la principal fuente de alimentación; además, entre los forrajes, las pasturas demandan mayor cantidad de agua (380 l/kg MS, según cálculo realizado en este estudio con el programa CROPWAT).

Se evidenció una disminución del CAI para época lluviosa, en FNTA y FNTB, esto se debe a que en época lluviosa la cantidad de concentrados es poca. Al disminuir el concentrado disminuye el CAI ya que el concentrado tiene alta huella hídrica, el cual es tres veces mayor que las pasturas (1329 l/kg MS, calculado a partir de Mekonnen y Hoekstra 2010). Este resultado también se evidencia en el CAI obtenido en FNTM para época lluviosa, el cual fue superior comparado con el CAI de la época seca (figura 13), dicho aumento del CAI coincidió con mayor presencia del concentrado en la dieta, 18,18 kg MS/día en época lluviosa vs 7,22 kg/MS/día en época seca (cuadro 11).

El aumento en los CAI no coinciden con aumento del CMS (Cuadro 11), por ejemplo, el consumo de MS fue mayor en FNTA y FNTM que en FNTB, sin embargo, fue de manera inversa respecto al CAI. Esto explica que el CAI depende de las cantidades consumidas por el ganado pero también de los requerimientos de agua del forraje.

**Cuadro 11.** Consumo de alimentos por vacas en producción (kg MS/día) por los distintos grupos de fincas durante época seca.

Alimento	Grupo		
	FNTA	FNTM	FNTB
Caña	41,3	-	-
Concentrado casero	7,22	2,5	-
Concentrado industrial	48,9	3,41	6,82
Forraje de sorgo	83,11	-	24,98
Gallinaza	-	-	11,00
Leucaena	36,72	-	-
Paca de pasto	-	27,2	6,8
Pasto	121,52	43,19	55,98
Silo de Maíz	48,82	45,14	-
CMS (% PV)	3,32	2,16	1,82

**PV = peso vivo del animal; MS = materia seca; FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.**

En el presente estudio no se logró caracterizar la estructura arbórea de las fincas, no obstante, de lo anterior se podrían retomar algunos aspectos, por ejemplo, los sistemas silvopastoriles tales como el manejo de árboles en las pasturas y cercas vivas. Un sistema de pasturas arboladas favorece la infiltración y retención del agua en el suelo (Young 1997), mejora la recarga hídrica (Ríos *et al.* 2006), lo cual permite mayor disponibilidad de agua para los pastos y contribuye a reducir las pérdidas de agua causadas por la evaporación (Molina 2011); además que mejora la producción de las pastura (Belsky 1992).

Los sistema silvopastoriles que integran árboles en las pasturas también permite aumentar la producción de leche por vaca y ganancia de peso vivo en ganado de engorde (Betancourt 2003), asimismo, la sombra generada permite reducir el estrés calórico (Souza *et al.* 2000) que a la vez permite un CDA menor en 8% que aquellos potreros a pleno sol (Stritzler 1991). En este sentido, las finca ganaderas que cuentan con una buena cobertura arbórea en los potreros, pueden mejorar sus indicadores productivos y a la vez, disminuir la huella hídrica de su sistema de producción.

Otro de los factores de consumo de agua que vale la pena mencionar es el uso de riego por inundación en fincas FNTA y FNTM, el cual se utiliza para mantener la producción de forrajes (pasturas, sorgo forrajero, caña y maíz) durante la estación seca. Según Medrano *et al.* (2007), para lograr un uso eficiente del agua en los cultivos manejados con sistemas de riego se deben reducir las cantidades de agua aplicadas sin provocar reducciones en la producción; en este sentido, el uso eficiente del riego en pasturas o nuevo germoplasma tolerante a sequía puede ser una buena estrategia para disminuir los CAI en fincas ganaderas.

### 3.3.1.3. Usos de agua (UdA) en las actividades de manejo de vacas en producción

Los usos de agua (UdA), fueron significativos en relación con los grupos de fincas ( $p < 0,0001$ ), los principales UdA fueron: lavados de ordeñadoras mecánicas, salas de ordeño y corrales (realizado sólo en FNAT), recipientes de almacenamiento de leche, agua utilizada en vacunación, desparasitación, vitaminación, baños y fugas en la red de distribución de agua (para instalaciones ganaderas). En el cuadro 12 se visualiza que en FNTA el UdA fue 24,68 l/vaca/día (371,82 l/día/finca); FNTM y FNTB se agruparon en una misma categoría estadística (a) con un UdA de 11,48 l/vaca/día (100,00 l/día/finca) y 6,94 l/vaca/día (65,92l/d/finca).

**Cuadro 12.** Valores Promedios de usos de agua según tipologías de fincas.

<b>Grupo</b>	<b>UdA (l/vaca/día)</b>	<b>UdA (l/finca/día)</b>
FNTB	6,94 a	65,92
FNTM	11,48 a	100,00
FNTA	24,68 b	371,82

**FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.**

El UdA de FNTA (24,68 l/vaca/día), fue superior en 1,44 l/vaca/día a lo reportado en el estudio de Nosetti *et al.* (2002), quien encontró UdA promedio de 23,24 l/vaca/día (lavado de ordeñadoras, sala de ordeño y corral), esta diferencia se debe probablemente a que en el presente estudio se adicionaron los UdA/vaca/día de baños, vitaminación y vacunación lo cual pudo aumentar el valor de UdA. Así mismo, los UdA en FNAT (24,68 l/vaca/día) están entre el rango 15 a 27 l/vaca/día reportados según Charlón *et al.* (2001).

En FNTM se obtuvo un total de 100,00 l//finca/día, lo cual se aproximan a lo reportado por Ríos *et al.* (2012) (118,11 l//finca/día), las diferencias pueden deberse a que en este grupo de fincas se practicó lavado de ubres y establos. El resultado de FNTB (6,94 l/vaca/día) fue superior a lo indicado por Molina (2011) (5 l/vaca/día).

Cuantificar los UdA en las instalaciones de ordeño y fugas en la red de distribución de agua, permiten priorizar las actividades en las cuales se pueden reducir las cantidades de agua utilizadas (Charlón *et al.* 2001). De los aforos realizados en la red distribución de agua se obtuvieron fugas de 34,83, 22,33 y 16,66 l/día, en fincas FNTA, FNTB y FNTM. Estas fugas se debieron a averías de la tubería de conducción de agua. 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.

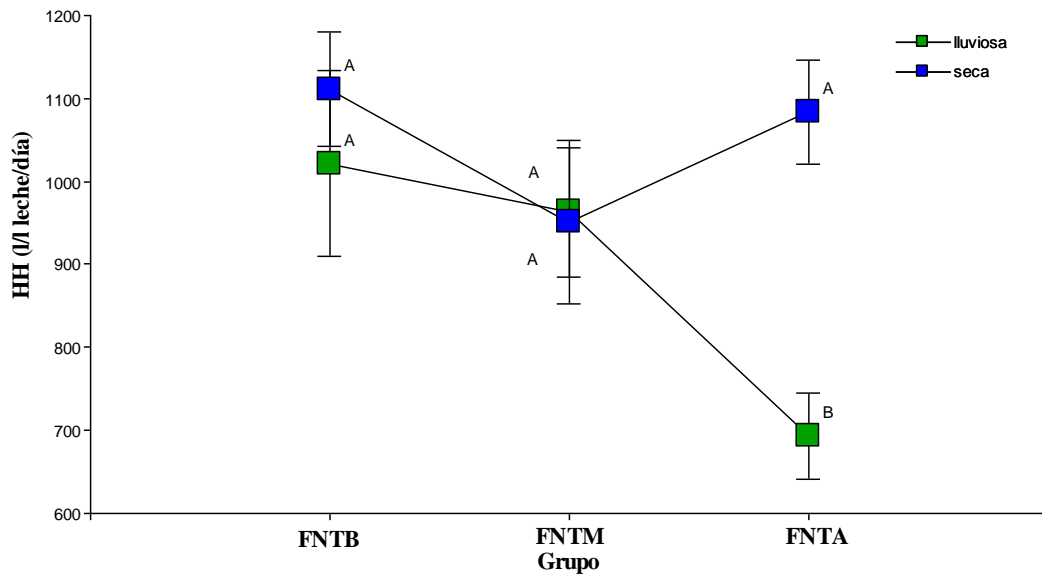
También se puede incidir en hacer uso eficiente del agua en salas de ordeño, esta práctica sólo se identificó en FNTA. Nosetti *et al.* (2002) señalan que una buena práctica es utilizar dispositivos de corte rápidos en mangueras, los cuales controlan desperdicios de agua. Por otro lado, Iramain *et al.* (2001) indican que muchas veces la cantidad de agua en el lavado de salas de ordeño, está más asociado a un práctica rutinarias que a la suciedad de las instalaciones.

#### **3.3.1.4.Cálculo de la huella hídrica para producir un litro de leche**

La interacción grupo\*época fue significativa ( $p= 0,0082$ ). Los valores de HH durante época seca fueron: 1111,3; 1082, 96 y 951,31 l agua/l leche, en fincas FNTB, FNTA y FNTM respectivamente. En cambio, durante época lluviosa se obtuvo una HH de: 1021,39; 962,76 y 692, 93 l agua/ l leche en fincas FNTB, FNTM y FNTA respectivamente.

Según Mekonnen y Hoekstra (2012), la HH varía en función del tipo de sistema de producción ya que condiciona el tipo de alimentación para los animales. Chapagain y Hoekstra (2004) argumentan que la HH también cambia debido a las condiciones climáticas de la zona o región. Esto explica que la HH puede estar condicionada por la época del año y el tipo de sistema de producción de cada grupo de fincas, lo cual se puede visualizar en la figura 14, en donde se muestran las interacciones entre los grupos de fincas y el factor época del año.

En FNTB a pesar que se suministró menor cantidad de concentrado y el consumo total de materia seca fue más bajo, la HH fue superior a FNTA y FNTM. Probablemente, esta tendencia se debe a que la producción de leche en FNTB fue menor (2,65 l/vaca/día) en relación con FNTA y FNMT cuya producción fue 5,14 y 4,05 l/vaca/día.



**Figura 14.** Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para la HH promedio por litro de leche. FNTA = fincas con nivel tecnológico alto ; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

En el cuadro 13 se observa que fincas con menor HH presentan mayor condición corporal (CC). En época seca la HH de FNTB es más alta con una condición corporal del animal (CC) de 1,8 y 1,5 (animales flacos). FNTA presentan HH más alta que FNTM y menor que FNTB; y presentó CC 2,5 (buena condición). FNTM tienen la menor HH con condición corporal 2. Esta tendencia puede deberse a mejor alimentación y suministro de agua al ganado

En época lluviosa; FNTA presenta la menor HH, debido a que disminuye la cantidad de concentrados y suplementos forrajeros ofrecidos, además incrementan la producción de leche (6,38 l/vaca/día), con una CC de 2,5 y peso promedio 409,63 kg; FNTM presentó mejor CC y peso promedio (2 y 371,74 kg) y menor HH en relación con FNTB (CC de 1,50 y peso promedio de 348,69 kg.)

La condición corporal (CC), es un indicador que se puede utilizar para explicar el uso eficiente del agua en fincas ganaderas; permite analizar la productividad con base en las reservas de grasas del ganado y no es afectado por el tamaño corporal, estructura, peso vivo y tamaño. que presentan (Salgado *et al.* 2008); en el cuadro 13 se visualiza, que las fincas con nivel tecnológico alto logran ser más eficientes en el uso de agua, ya que mantienen su hato con buenas reservas de grasas y a la vez, presentan menor HH que fincas de bajo nivel tecnológico.

Los valores de HH para época seca y lluviosa en FNTM (951,31 y 962,76 l agua/ l leche) son similares al rango reportado por Ríos *et al.* (2012) para la zona de Matiguás en Nicaragua (922,25 y 988,02 l agua/l leche). En cambio, la HH de FNTB fue superior (1021,39 y 1111,39 l agua/l leche), esta tendencia probablemente se debe a que en fincas FNTB la producción de leche fue menor (2,65 l/vaca/día) en comparación con las fincas estudiadas en Nicaragua (4,8 l/vaca/día).

Los datos de HH obtenido en el presente estudio son menores a 1780 l agua/ l leche reportado por Molina (2011), en dicho estudio se encontró que a menor oferta forrajera del pastizal aumenta la HH/ litro de leche, lo que confirma el comportamiento de HH/l leche encontrado en FNTB (cuadro 13). Esto significa que el uso eficiente de agua en los forrajes permite aumentar la oferta forrajera durante la estación seca y a la vez, aumentar la producción de leche/vaca/día, lo que contribuye a disminuir la HH en la producción de leche.

**Cuadro 13.** Valores promedios obtenidos para indicadores productivos y huella hídrica en función de los grupos de fincas para las distintas épocas del año.

Variables	Época					
	Seca			Lluviosa		
	FNTA	FNMT	FNTB	FNTA	FNMT	FNTB
Producción de leche (l/d)	5,14	4,05	2,65	6,38	4,78	3,72
Peso (kg)	393,38	402,44	374,88	409,63	371,74	348,69
Condición corporal (CC)	2,5	2	1,8	2,5	2	1,5
N° de animales	43	23	32	58	26	29
HH / l leche	1082,96	951,31	1111,3	692,93	962,76	1021,39

**FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.**

La HH para las fincas FNTA y FNTB fue menor comparado con los valores reportados por Mekonnen y Hoekstra (2012), para sistemas ganaderos industriales y sistemas basados en pasturas (1207 l agua/ l leche y 1191 l agua/ l leche, respectivamente). En cambio, FNTM (951,31 l agua/ l leche y 962,76 l agua/ l leche); coincidieron con dicho estudio, en el cual para sistemas ganaderos mixtos (intermedio, combinación industrial y pasturas) se encontró en promedio 956 l agua/ l leche.



### 3.3.2. Hato no lactante

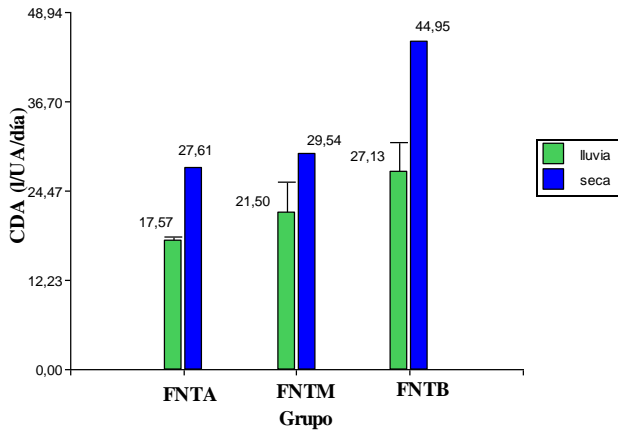
#### 3.3.2.1. Consumos directos de agua (CDA)

El CDA fue significativo en grupos y épocas ( $p < 0,0001$ ), pero no mostró diferencias en la interacción grupo\*época. Probablemente la época del año no afecta los consumos directos de agua debido a que en la estrategia de manejo de la alimentación para el ganado no lactante en cada grupo de fincas es similar según la época del año; en época seca se utilizan pasturas, poco suplemento forrajeros y concentrado, mientras en época lluviosa la fuente principal son las pasturas.

En la figura 15, se visualizan los consumos directos de agua, el promedio de las épocas según grupos de fincas fue 35,93, 25,89 y 22,91 l/UA/día en FNTB, FNTM y FNTA respectivamente. Los CDA en relación con el peso vivo corporal están entre 5,72 % a 9,73 % del PV. Estos resultados concuerda con los datos del estudio realizados por Chávez y Morales (2003), quienes reportan CDA de 6 a 12% PV; Palma *et al.* (2011), 8 a 10% del PV; y Ríos *et al.* (2012), 7,5% PV.

El CDA promedio según épocas del año fue 34,52 y 21,97 l/UA/día; en seca y lluviosa respectivamente. El CDA disminuyó 36% en época lluviosa comparado con época seca. Esto concuerda con lo reportado por Arias *et al.* (2008), quienes indican que en época lluviosa el CDA disminuye el doble comparado con época seca. Este comportamiento puede deberse a que en estación seca el ganado tiende a consumir más agua para amortiguar la carga de calor (Arias 2007) y por otra parte, mayor contenido de fibra en el pasto puede aumentar el CDA (Villarreal 2007). En cambio, en la época lluviosa, el CDA es menor probablemente porque hay menos carga de calor y un mayor aporte de agua para el ganado en los forrajes.

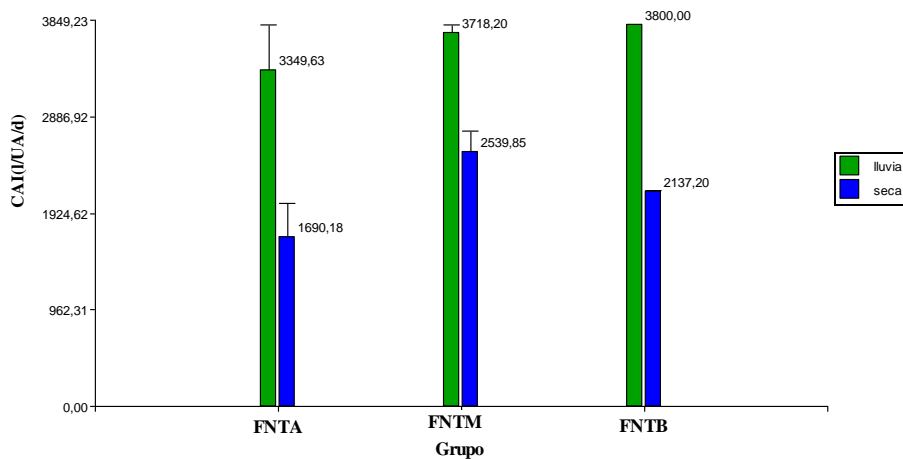
El manejo del hato también puede estar relacionado a mayor CDA en época seca; ya que en algunas fincas, los ganaderos pastoreaban los animales en potreros carentes de agua durante la mañana, posteriormente, los trasladaban a los potreros que disponían de agua; esta práctica fue más común en FNTB y FNTM; es probable que en esas condiciones de manejo disminuya el CDA ya que se altera el consumo voluntario de agua. Según Chávez y Morales (2003), la limitación del acceso libre del agua a los animales puede conducir a pérdidas de peso, disminución de la producción de leche y reducciones en el consumo voluntario de materia seca (CVMS).



**Figura 15.** Consumos directos de agua promedios según épocas del año (CDA) en función de los grupos de fincas. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

### 3.3.2.2. Consumos indirectos de agua (CAI)

No se encontró diferencias estadísticas entre grupos y en la interacción grupo\*época. Los valores del CAI fueron: 3130, 43; 2968,56 y 2512,64 l/UA/día en las fincas FNTB, FNTM y FNTA, respectivamente. Estos valores fueron más bajos que los reportados en el estudio realizado en Nicaragua por Ríos *et al.* (2012), quienes encontraron un promedio de 3953,63 l/vaca/día. Las diferencias entre los valores de CAI quizás se deben a que en el estudio realizado en Nicaragua se determinó a partir de un CMS de 4% conforme con el PV de los animales, en cambio, para el presente estudio el CAI se estimó a partir de un CMS de 2,38 y 2,50% del PV, valores que son similares a los reportados en el estudio realizado por Hassán 2011 para consumo voluntario en la misma zona de estudio .



**Figura 16.** Consumos indirectos de agua promedios según época del año (CAI) en función de grupos de fincas. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

Por otro lado, el efecto época en CAI fue significativo ( $p < 0,0005$ ), en la figura 16 se observa que los valores más alto de CAI ocurren durante época lluviosa. Al calcular el CAI promedio por época se obtiene 2122,41 y 3322,61 l/UA/día para época seca y lluviosa, respectivamente. Esta tendencia se debe a que en época lluviosa aumenta la oferta forrajera y calidad de las pasturas y por ende incrementa el CMS lo que deriva en mayor CAI comparado con época seca.

### **3.3.2.3. Usos de agua (UdA) en las actividades de manejo del lote no lactante**

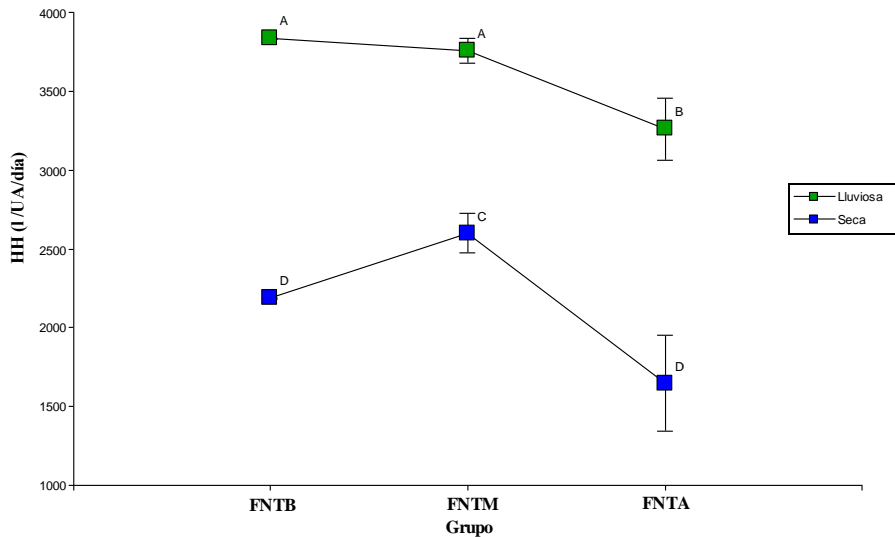
Los UdA no fueron significativos estadísticamente entre grupos, épocas y en la interacción grupo \* época. Se evidenció una fuga de 18 l/día, una buena práctica de uso eficiente de agua podría ser el mantenimiento y reparación de la tubería de conducción y bebederos de agua.

### **3.3.2.4. Huella hídrica para el hato no lactante**

La HH/UA fue significativa en la interacción grupo\*época ( $p = 0,0177$ ); en la figura 17 se muestra el comportamiento de la HH según la época del año. Probablemente, esta tendencia se debe a que la calidad y disponibilidad de las pasturas usadas para alimentar el ganado cambia en función de la época del año. En época seca disminuye la capacidad de producción de las pasturas por lo que el ganado está menos alimentado en relación con la época lluviosa en donde las pasturas logran recuperar su producción, lo que puede derivar en mayor consumo de forraje del ganado.

La huella hídrica fue 2600, 2185 y 1646 l/UA/día en el orden para las fincas FNTM, FNTB y FNTA según época seca; mientras en época lluviosa se obtuvo 3832,65 , 3755,4 y 3261,32 l/UA/día según el orden para las fincas FNTB, FNTM y FNTA.

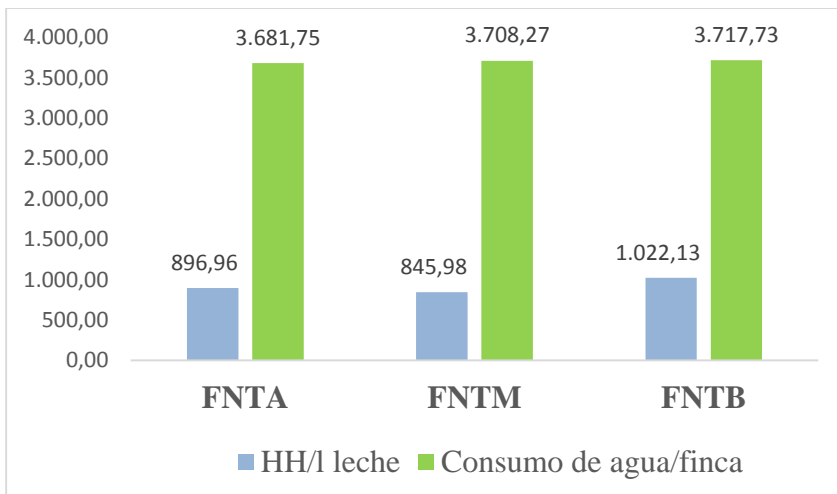
Pocos estudios se han realizado para calcular HH/UA/día (huella hídrica por unidad animal/día), sin embargo, existen algunos estudios que reportan datos de huella hídrica para la vida útil de un bovino. Por ejemplo, Molina (2011), reporta una huella hídrica mínima de 1693,88 l/animal/día (6097,98 m<sup>3</sup>/animal/10 años). Mekonnen y Hoekstra (2012) reportan 1750 l/animal/día (630 m<sup>3</sup>/animal/año). En un estudio realizado por Ridoutt *et al.* (2011) se reportan consumos diarios de 3,3 a 221 l agua/kg de peso vivo; el valor inferior del estudio anterior fue similar al rango encontrado en el presente estudio (4,11 a 5,46 l/kg/día PV vs 3,3 l/kg/día PV).



**Figura 17.** Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas en la HH promedio para el hato no lactante. FNAT = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

### 3.3.3. Huella hídrica y consumo de agua a nivel de finca

En la figura 18, se representan los valores promedios de HH por litro de leche y el consumo de agua por unidad animal a nivel de finca. La HH/l leche a nivel de finca corresponde al valor promedio de los datos de HH/l leche encontrados para época seca y lluviosa. Se obtuvo: 1022, 13; 896,97 y 845,98 l agua/l leche/día; en fincas FNTB, FNTA y FNTM, respectivamente.



**Figura 18.** Valores de huella hídrica (l agua/l leche/día) y consumo de agua por finca (l agua/UA/día) en función de los grupos de fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM= fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = Fincas con nivel tecnológico bajo.

Por otro lado, en el cuadro 14 se representan los valores de consumos de agua por finca (utilizando todo el hato), lo cual resulta de un promedio de las épocas de los consumos de agua por vacas en producción (l /UA/día) y lote no lactante (l/UA /día); se encontró que las fincas FNTA consumen menos agua (3681,75 l/UA/día) en relación con las fincas FNTM y FNTB cuyos consumos de agua fueron similares en ambos sistemas (3708,27 y 3717,73 l agua/UA/día).

Los consumos de agua para vacas en producción fue un poco mayor en las fincas con mayor innovación tecnológica, probablemente por un mayor gasto de agua en el componente alimenticio, el cual se basó en bancos forrajeros, ensilajes y concentrados; asimismo, en estas fincas se usa mayor volumen de agua para lavado de salas de ordeños y garrafones para almacenar leche en relación con aquellas fincas de menor nivel tecnológico.

En relación con el ganado no lactante, los consumos de agua fueron menores en fincas con mayor innovación tecnológica, esta tendencia puede estar relacionada a mayor eficiencia en la relación consumo de agua y peso vivo. Pues en FNTA se evidenció mayor peso promedio en relación con FNTM y FNTB (272 vs 264 y 252 kg respectivamente).

Se sabe que en la HH existe una relación directa entre los consumos de agua utilizados en las fincas ganaderas y las unidades de productos producidas. Esto explica lo observado en la figura 18, en donde, las fincas FNTM y FNTA al mejorar la alimentación del ganado con bancos forrajeros, ensilajes y concentrados, mejoraron los indicadores productivos (l leche/día y kg/pv/animal) y por ende lograron reducir la HH y consumo de agua por unidad animal; en relación con las fincas FNTB, que presentaron mayor HH y más gasto de agua por unidad animal, bajos indicadores productivos y una estrategia de alimentación basada en pasturas.

Lo anterior confirma que el tipo de alimentación ofrecida al hato, afecta los indicadores productivos ( l leche/vaca, kg PV/animal) (Ibrahim *et al.* 2003). Así mismo, que la interacción del tipo de alimento y el agua requerida para su producción pueden influir en mejor productividad del agua (Descheemaeker *et al.* 2010).

En este sentido, vale la pena destacar que el tipo de alimentación es un factor clave en la reducción de los consumos de agua en las fincas ganaderas; del consumo total de agua por vaca en producción y finca, el 98% corresponde al consumo de agua destinadas a la producción de alimentos para el ganado (cuadro 14).

**Cuadro 14.** Consumos de agua directos, indirectos y usos de agua promedios en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá.

Grupo	vacas en producción (l/UA/día)				ganado no lactante (l/UA/día)				Finca (l/UA/día)			
	CDA	CAI	UdA	Total	CDA	CAI	UdA	Total	CDA	CAI	UdA	Total
<b>FNTA</b>	31,31	4450	16,59	4498	29,91	2828	7,39	2865	30,61	3639	11,99	3682
<b>FNTM</b>	34,74	4304	14,49	4353	28,43	3029	6,00	3063	31,58	3666	10,24	3708
<b>FNTB</b>	35,95	4216	15,32	4267	28,21	3134	6,43	3168	32,08	3675	10,87	3718

**FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM= fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.**

### 3.3.4. Puntos críticos de usos de agua

A escala de cuencas, se considera como puntos críticos a los sitios en los cuales la HH excede la disponibilidad de agua en la cuenca (Builes 2013). En fincas ganaderas se puede considerar un punto crítico de usos de agua a los componentes del proceso de producción en los cuales se desperdicia el agua (Ríos *et al.* 2012). Los puntos críticos de uso de agua encontrados en el presente estudio se detallan en el cuadro 15 y se explican a continuación:

- Poco control en los usos de agua para lavados de salas de ordeños

Esta práctica fue evidente únicamente en fincas FNAT. Similares resultados encontró Iramain *et al.* (2001), quienes reportaron que las actividades de lavados de salas de ordeños se realizan como prácticas rutinarias y pocas veces en función del grado de suciedad de la salas. Por otro lado, Nosetti *et al.* (2002) indica que una estrategia para el usos eficiente del agua se puede iniciar con la reducción del agua en lavados, pero también destacan que se requiere fortalecer las capacidades de los ganaderos en el manejo eficiente del agua en sala de ordeño.

- Fugas de agua en tuberías

El promedio de fugas de agua fue 40 l agua/finca/día; se debieron a averías en la tubería de conducción. Si extrapolamos este valor a un año, se obtiene 14 400 l agua/finca/año; lo cual es un volumen considerable. Por ejemplo, con este volumen se podrían suplir los requerimientos de consumo directos de agua para una unidad animal por año. Al igual que producir 38, 42 y 135 kg de materia seca de pasturas, Leucaena y sorgo forrajero, respectivamente. Por lo anterior, una alternativa para reducir las fugas de agua podría ser el mantenimiento constante en la red de conducción de agua (FAO 2003).

- Riego por inundación en forrajes

Esta técnica se utiliza en FNTA y FNTM para el riego de sorgo forrajero y en algunos casos áreas de pasturas. Al tomar en cuenta, que durante la época seca la disponibilidad de agua en las fincas es poca y que el riego por inundación posee baja eficiencia (50 – 70%); surge la necesidad de mejorar la eficiencia de los usos de agua destinada a la producción de forrajes.

Una alternativa de solución podría ser el riego por aspersión o goteo o la combinación de ambos; debido a que estos sistemas son más eficientes en la aplicación del agua a los cultivos (Carrazón 2007). Asimismo, el uso de forrajes tolerantes a sequías y la preparación de ensilajes en época lluviosa para usarse en época seca podrían contribuir al uso eficiente del agua en las fincas para enfrentar la época crítica.

- Pocas actividades de conservación de nacientes y fuente agua

El indicador más relevante fue la poca disponibilidad de agua durante la época seca. Esto afecta mayormente a las fincas FNTB, que tienen poca disponibilidad de equipos de riego y que se ven en la necesidad de acarrear el agua para sus animales o trasladarlos a otras fincas que dispongan de agua. Entre las posibles alternativas de solución, se pueden mencionar: las aguadas mejoradas que permiten la cosecha de agua ya sea de lluvia o bien de escorrentía (Palma *et al.* 2011); y sistemas silvopastoriles, como el manejo de árboles en potreros (árboles dispersos y cervas vivas) y los bancos forrajeros de leñosas los cuales contribuyen con una serie de beneficios para la finca como oferta de recursos alimenticios para el ganado y productos maderables y no maderables para consumo local y venta (Ibrahim *et al.* 2006).

Los sistemas silvopastoriles también cumplen con otras funciones que podrían reducir la huella hídrica ganadera: por ejemplo la sombra reduce el estrés calórico (Souza *et al.* 2000) y con eso baja el consumo de agua para mitigar dicho estrés (Stritzler 1991); el reciclaje de nutrientes y humedad del suelo que permite cierto alargue del periodo de producción y calidad de pastura, aún en la entrada de la época seca (Sandoval 2006, Restrepo 2002); mayor oferta forrajera por medio de bancos forrajeros de leñosos o árboles en potrero reducen el uso de insumos fuera de la finca que tienen alta HH para su producción (por ejemplo concentrado).

- Falta de mejoramiento genético continuo en el ganado

Se evidenció que la finca FNTA y FNTM al mejorar la alimentación del hato, lograron mayor producción de leche por vaca y mayor ganancia de peso vivo así mismo, reducir la HH. En contrastes con FNTB, que tuvieron bajos indicadores productivos y más alta HH. Según Descheemaeker *et al.* (2010), una mejor productividad de agua en sistemas ganaderos se puede alcanzar con un buen manejo de las interacciones entre el recurso hídrico, alimentación suficiente y de calidad y buena genética de los animales (animales más

productivos). En el ganado de engorde una mejor alimentación, salud y genética permite reducir el ciclo de engorde y consecuentemente la huella hídrica.

**Cuadro 15.** Puntos críticos de consumos de agua según tipologías de fincas ganaderas.

Item	Grupos	Alternativas de solución
Poco control en los usos de agua para lavados de salas de ordeños	FNTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacitaciones en temas de ordeños eficientes en usos de agua</li> <li>▪ Inversión o rediseño para infraestructura mínima que permita mejor uso del agua</li> </ul>
Fugas de agua en tuberías de conducción	FNTA, FNTM y FNTB	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantenimientos periódicos en las tuberías de conducción de agua</li> </ul>
Riego por inundación en forrajes	FNTA, FNTM y FNTB	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riego por aspersión o goteo</li> <li>▪ Forrajes tolerantes a sequías o con mayor eficiencia en uso de agua</li> <li>▪ Elaboración de ensilajes</li> </ul>
Pocas actividades de conservación de nacientes y fuente agua	FNTB	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abrevaderos eficientes en la captación de agua (aguadas mejoradas)</li> <li>▪ Manejar buena cobertura arborea en potreros</li> <li>▪ Planificar la carga animal en función de la disponibilidad de alimentación y fuentes de agua de la finca</li> <li>▪ Buena distribución de bebederos de agua en potreros</li> <li>▪ Mantenimiento del bosque natural y ampliar reforestación en zonas de recarga hídrica</li> </ul>
Falta de mejoramiento genético continuo en el ganado	FNTB	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejoramiento genético y salud del hato</li> <li>▪ Mejorar plan de alimentación y nutrición animal en época seca</li> </ul>

**FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM= fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.**



### 3.4. Conclusiones

La HH para producir un litro de leche en la cuenca del río La Villa durante la estación seca fue: 1111,3, 1082,96 y 951,31 l agua/l leche, en fincas FNTB, FNTA y FNTM respectivamente. En época lluviosa se obtuvo 1021,39; 962,76; y 692,93 l agua/l leche en fincas FNTB, FNTM y FNTA respectivamente.

La HH por unidad animal fue 2600, 2185, 1646 l/UA/día en las fincas FNTM, FNTB y FNTA para época seca; mientras en época lluviosa se obtuvo, 3832,65; 3755,4 y 3261,32 l/UA/día en las fincas FNTB, FNTM y FNTA respectivamente.

El consumo de agua del hato de la finca fue 3681,75; 3708,27 y 3717,73 l agua/UA/día en fincas FNTA, FNTM y FNTB respectivamente.

El factor época del año es determinante en el comportamiento de la HH; en la época seca la HH por litro de leche es mayor que en la época lluviosa debido a que durante la estación seca los ganaderos utilizan pasturas de baja calidad y suplementación con concentrado, que a su vez incrementan los consumos indirectos de agua. En el ganado no lactante se observó que la HH/UA es mayor durante la estación lluviosa en relación con la época seca debido a que el ganado consume mayores cantidades de forrajes al mejorar la producción de biomasa de las pasturas en época lluviosa y por ende se incrementa el consumo indirecto de agua.

En el cálculo de la huella hídrica el componente “consumo indirecto de agua” es el componente de mayor relevancia, ya que representa 98,86% del consumo de agua destinado a la producción de leche, 98,83% del consumo de agua por unidad animal no lactante y 98,85% del consumo de agua total del hato en las fincas. Seguido del consumo directo de agua y finalmente el uso de agua. La alimentación, potencial genético, salud y el manejo del hato en las fincas son los factores determinantes en el tamaño de la huella hídrica.

Fincas que incorporan tecnologías en favor de mejorar el suministro y calidad de alimento a los animales tales como bancos forrajeros (caña de azúcar, Leucaena, sorgo forrajero), ensilaje y concentrado, presentan una menor huella hídrica que aquellas que optan por un sistema solo basado en pastoreo.

### **3.5. Recomendaciones**

Los potreros arbolados pueden ser una opción para un uso eficiente del agua en las pasturas y por ende alternativa para aminorar la huella de agua en fincas ganaderas, ya que sistemas ganaderos con estas características permiten aumentar la oferta forrajera de las pasturas que mejoran producción de leche y peso del ganado, contribuye a reducir el estrés calórico y ahorro de agua en el consumo directo de los animales. Asimismo mejoran la recarga hídrica y disponibilidad de agua y nutrientes para las pasturas.

Implementar buenas prácticas en el uso y gestión del agua en las fincas ganaderas como el mantenimiento periódico en tuberías de conducción de agua, sistemas de riego eficientes y germoplasma forrajeros (gramíneas y leñosas) tolerantes a sequía , eficientes en el uso de agua y a la vez con alta producción y calidad de biomasa que permitan mejorar la alimentación del hato. Diseño adecuado de la pendiente de las salas de ordeño y capacitación a productores en ordeños eficientes en usos de agua.

Ampliar el tamaño de muestra para ajustes en el cálculo a nivel de cuenca que permita mejor planificación de las actividades ganaderas en función de disminuir la presión que ejerce la ganadería en la disponibilidad de agua de la cuenca del río La Villa. Asimismo en futuros estudios realizar análisis de la relación utilidad económica de un litro de leche con respecto a la HH en las fincas ganaderas según tipologías y evaluar si las buenas prácticas para reducir la HH contribuyen con una baja huella de carbono en los sistemas ganaderos.

Estudios de la HH en otros sistemas especializados en lechería y carne para obtener la demanda total de agua de los sistemas ganaderos desarrollados en la cuenca y con esto planificar el desarrollo ganadero en relación a la disponibilidad de agua en la cuenca.

### 3.6. Literatura citada

- ANAM. 2009. Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá. Informe anual. 2002 - 2008. 315 p.
- Arias, R; Maderb, T; Escobara, P. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Universidad Católica de Temuco, Chile. 16 p.
- Arias, RA; Mader, TL. 2010. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *J Anim Sci* 89(1):245-51. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20870953>
- Avidan, A. 1994. Determinación del regimen de riego de los cultivos. Estado de Israel. 63 p.
- Belsky, A. 1992. effects of tree on nutritional quality of understorey gramineou forage in tropical savannas. New York. 19 p.
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Harvey, C; Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 10 (39). 50 p.
- Bond, J; T. S. Rumsey, TS; Weinland, BT. 2013. Effect of Deprivation and Reintroduction of Feed and Water on the Feed and Water Intake Behavior of Beef Cattle. Betsville, Maryland. p.186-190.
- Brousin, J. 2011. Análisis y aplicación de una metodología para el cálculo de la huella hídrica a nivel predial de la producción lechera en Chile. Santiago, Chile, Universidad de Chile. p . 1-80.
- Builes, E. 2013. Cuantificación y análisis de sostenibilidad ambiental de la huella hídrica agrícola y pecuaria de la cuenca del río Porce. Tesis Mag. Sc. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 3 p.
- Campos, D; Ferraz, F; Malaquias, J; Viana, A; Rodriguez, N; Frota, M; Magalhães, L. 2009. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. Rio de Janeiro. 1534 p.
- Cardot, V; Le Roux, Y; Jurjanz, S. 2008. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J Dairy Sci* 91(6):2257-64. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18487648>
- Carrazón, J. 2007. Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Honduras. 93 p.
- Chapagain, AK; Hoekstra, AY. 2004. Water footprints of nations. *The Netherlands* 16:25: p 25.
- Charlón, V; Taverna, MA; Herrero, MA. 2001. El agua en el tambo. Sistio Argentino de producción animal. p. 12.
- Descheemaeker, K; Amede, T; Haileslassie, A. 2010. Improving water productivity in mixed crop–livestock farming systems of sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management* 97(5):579-586.

- Faustino, J; Franceschi, L; Velásquez, S; Alvarado, L; Castillo, N; Roldan, J; Osorio, M; Jordán, O; Izaza, I; Ruiz, A; Carrasquilla, O; Flores, M; Falcón, R; Menéndez, L. 2008. Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca del Río La Villa - Caracterización. 220 - 223 p .
- Guerrero, B; Herrera, D. 2006. Manejo del cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* L.). Panamá. p. 1 - 15.
- Guerrero, B; Herrera, D. 2009. Uso del ensilaje de maíz y caña de azúcar para la alimentación del ganado durante la época seca. Panamá. p. 1-17.
- Gutiérrez, M. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala. Guatemala. 191 p .
- Hanjra, A; Qureshi, M. 2010. Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy* 35(5):365-377.
- Hassán, J. 2011. El ciclo de vida en la producción de leche y la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero en fincas doble propósito de la península de Azuero, República de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 30 - 70 .
- Hoekstra, AY; Ashok K. Chapagain, AK; Aldaya, M; Mekonnen, M. 2011. The Water Footprint Assessment Manual. London • Washington, DC. p 8-228.
- Ibrahim, M; Villanueva, C; Casasola, F; Rojas, J. 2006. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes* 29 (4) : 383-419
- IDIAP. 2009. Manual técnico para el cultivo de Camote (*Ipomoea batata* L.). Panamá. p. 1-23.
- Iramain, M; Nosetti, L; Herrero, MA; Maldonado, V; Flores, M; Carbó, L. 2001. Evaluación del uso y manejo del agua en establecimientos lecheros de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. 8 p .
- Lukas, JM; Reneau, JK; Linn, JG. 2008. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus status in dairy cows. *J Dairy Sci* 91(9):3385-94. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18765597>.
- Medina, G; Gutiérrez, R; Echavarría, F; Amador, M; Ruiz, A;. 2009. Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. Jalisco, México. p. 1 - 10.
- Medrano, H; Bota, J; Cifre, J; Flexas, J; Ribas-Carbó, M; Gulías, J. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Universidad de les Illes Balears- IMEDEA. 70 p.
- Mejía, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Guanajuato, México. p .56 - 63.
- Mekonnen, MM; Hoekstra, AY. 2012. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* 15(3):401-415.
- Meyer, U; Stahl, W; Flachowsky, G. 2006. Investigations on the water intake of growing bulls. *Livestock Science* 103(1-2):186-191.
- Mohamed, S; Marouane, R; Marcel, K; Pierre-Yves, L. 2009. Water productivity through dual purpose (milk and meat) herds in the Tadla irrigation scheme, Morocco. *Irrigation and Drainage* 58(S3):S334-S345.

- Molina, R. 2011. Sostenibilidad de los sistemas ganaderos localizados en el Parque Nacional Natural de las Hermosas y su zona de influencia. Tesis Mag. Sc. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. p. 1- 135.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M. 2000. Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. Panamá. p. 1-14.
- Nosetti, L; Herrero, M; Pol, M; Iramain, M; Maldonado, M; Flores, M. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros. Buenos Aires, Argentina. 7 p.
- Paciullo, D; Deresz, F; Lopes, F; Aroeira, J; Morenz, M; Verneque, R. 2008. Disponibilidade de matéria seca, composição química e consumo de forragem em pastagem de capim-elefante nas estações do ano. Rio de Janeiro. 909 p.
- Palma, E; Cruz, J; Martínez, A; Aguilar, A; Nieuwenhuys, A. 2011. ¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado?. Turrialba, Costa Rica 101:62. 62 p.
- Ridoutt, BG; Sanguansri, P; Harper, GS. 2011. Comparing Carbon and Water Footprints for Beef Cattle Production in Southern Australia. Sustainability 3(12):2443-2455.
- Restrepo, C. 2002. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 91 - 95.
- Ríos, N; Cárdenas, A; Andrade, H; Sancho, F; Ibrahim, M; E, R; Reyes, B; Jiménez, F; Woo, A. 2006. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas. no 45: p.66 - 71.
- Ríos, N; Lanuza, E; Gámez, B; Montoya, A; Díaz, A; Sepúlveda, C; Ibrahim, M. 2013. Cálculo de la huella hídrica para producir un litro de leche en fincas ganaderas en Jinotega y Matiguás, Nicaragua. VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para produção Pecuária Sustentável. Turrialba, Costa Rica. p. 1-5.
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado. Roma. 21 p.
- Souza de Abreu, M; Ibrahim, M; Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 7(26):53-56.
- Stritzler, N. 1991. Factores que afectan el consumo de agua de bebida de animales domésticos. Santa Rosa -Argentina 6 (1): 48 p.
- Sandoval, I. 2006. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arbóreas y dos gramíneas en pasturas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 118 p.
- Salgado, R; Vergara, O; Simanca, J. 2008. Relaciones entre peso, condición corporal y producción de leche en vacas del sistema doble propósito. Colombia, Revista MVZ Córdoba, 13(2): p.1360-1364.
- Tarazona, A; Ceballos, M; Naranjo, J; Cuartas, C. 2012. Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants. Medellin, Colombia. 484 p.

- Tobar, D; Alirio, F; Cabrera, V; García, D. 2010. Evaluación de familias de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) seleccionadas por mayor contenido de materia seca en el fruto y otras características agronómicas. Colombia. p . 2-9.
- Trejos, N. 2011. Recursos Hídricos Panamá. Panamá.63 p.
- Velarde, L. 2012. Evaluación de la percepción y los factores determinantes en la implementación de medidas de adaptación al cambio y variabilidad climática por los productores de leche de la cuenca del río La Villa, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 1-106.
- Villarreal, V. 2008. Efecto del uso de la sal proteinada en el ganado de doble propósito. Panamá, UNIVERSIDAD DE PANAMA, Instituto PROMEGA. p. 1-10.
- Winchester, C, F; Morris, MJ. 2013. Water Intake Rates of Cattle. Betsville, Maryland. p. 722-739.