



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO

Cálculo de la huella hídrica en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa,
Panamá

Por:

William Muñoz Quintero

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para optar al
grado de:

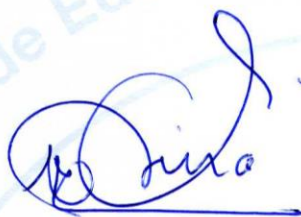
Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica, 2014

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y el Programa de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

FIRMANTES:



Cristóbal Villanueva, M.Sc.
Codirector de tesis



José Ney Ríos, M.Sc.
Codirector de tesis



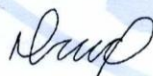
Diego Tobar, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



I. Miley González, Ph.D. / Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Decano / Vicedecano de la Escuela de Posgrado



William Muñoz Quintero
Candidato

Dedicatoria

Con mucho honor a mí madrecita Cándida Rosa Quintero López por mostrarme su amor de madre y acompañarme incondicionalmente en mí preparación académica.

A mis hermanos Joel, Melvin, Neydis y sus familias, quienes han sido fuente de apoyo en todo tiempo.

A mí apreciado amigo Misael de Jesús Rocha Molina, q.e.p.d. Su amistad y abnegación por el trabajo y profesión fueron parte de los cimientos de motivación para culminar mis estudios de posgrado.

A los productores ganaderos de Panamá: Edwin Batista, Antonio Sáenz, Milciades Castellero, Ramiro Frías, Elías Ríos, Elías Villarreal, Joaquín Bernal y Leonel Ríos; por darme la oportunidad de trabajar en sus fincas y compartirme sus valiosos conocimientos durante la fase de campo de la presente investigación.

Agradecimiento

A Dios primeramente por la vida y el sustento de cada día.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico "DAAD", por otorgarme la beca estudiantil y hacer realidad una de mis grandes metas.

Al Instituto de Investigación Agropecuario de Panamá (IDIAP), por la colaboración técnica y logística durante la fase de campo de la presente investigación. Especialmente al M.Sc. Domiciano Herrera, equipo técnico del área pecuaria y al Sr Gustavo Castillo.

A mis directores de tesis M.Sc. Cristóbal Villanueva y M.Sc. José Ney Ríos por los conocimientos que me brindaron y los valiosos aportes técnicos y científicos en la realización de la presente investigación.

A los miembros del comité de tesis, Ph.D. Jorge Faustino Manco y M.Sc. Diego Tobar por el asesoramiento continuo en el desarrollo del presente estudio. También al colega Eduardo Corrales, por su apoyo incondicional en el análisis estadístico.

A mi apreciado amigo Tobias van Nüß, quien no dudó en colaborarme durante el proceso de solicitud de beca estudiantil.

A mis amigos, Gustavo Castillo y familia, Jaime Espinoza, Jessica Hassan, Leonel Ríos y familia Hassan – Vásquez; por su amistad y hospitalidad durante mi estadía en Panamá.

A los profesores, M.Sc. Francisco Zamora Jarquín y Ph.D. Francisco Jiménez, por los conocimientos que me compartieron durante mis estudios de posgrado. A los colegas y amigos; Alejandra Fernández Morera, Romina Villegas Cáceres, Carlos Alberto Zuleta Salmón, Daniel Alejandro Yabar Meoño y Daniel Poroma Colmena, quienes me apoyaron en momentos claves durante mis estudios en CATIE.

Biografía

El autor nació en el municipio Waslala, Región Autónoma del Atlántico Norte, Nicaragua. Realizó sus estudios superiores en la Universidad Nacional Agraria, Managua, en la carrera Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Sostenible. Fue asistente de docencia y participó en encuentros universitarios de desarrollo científicos durante su estadía en la universidad. Ha realizado investigaciones en pasturas, redes hídricas, acuíferos y se ha desempeñado como extensionista rural en diversos proyectos productivos y ambientales. En 2012, inicia estudios en la maestría Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas y la Especialidad en prácticas del Desarrollo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza “CATIE”.

Índice de contenido

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | III |
| Agradecimiento | iv |
| Biografía..... | V |
| Índice de figuras | IX |
| Índice de cuadros..... | X |
| Índice de anexos | XI |
| Siglas..... | XII |
| Resumen general | XIII |
| Abstract | XV |
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Objetivos del estudio | 3 |
| 1.2.1. Objetivo general | 3 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.3. Marco Conceptual..... | 4 |
| 1.3.1. Generalidad de la ganadería | 4 |
| 1.3.2. Importancia de tipificar fincas | 4 |
| 1.3.3. Tipos de fincas ganaderas existentes en los trópicos..... | 5 |
| 1.3.4. Sistemas silvopastoriles..... | 5 |
| 1.3.5. Conceptos básicos de huella hídrica..... | 5 |
| 1.3.6. Metodologías implementadas en el cálculo de huella hídrica | 6 |
| 1.3.6.1. Métodos para el cálculo de la huella hídrica | 7 |
| 1.3.6.2. Basado en agua virtual..... | 7 |
| 1.3.6.3. Basada en la huella hídrica extendida..... | 8 |
| 1.3.6.4. Cálculo de la huella hidrológica de la agricultura de España | 9 |
| 1.3.7. Huella hídrica de un producto..... | 10 |
| 1.3.8. Estudios de huella hídrica en fincas ganaderas..... | 10 |
| 1.3.9. Factores que afectan el consumo de agua directo del ganado | 11 |
| 1.3.10. Descripción general de la cuenca | 11 |
| 1.4. Breve descripción de capítulos | 12 |
| 1.5. Literatura citada..... | 14 |
| 2. Artículo 1. Tipificación de fincas ganaderas doble propósito ubicadas en la cuenca río La Villa, Panamá | 17 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.1. | Introducción | 20 |
| 2.2. | Materiales y métodos | 21 |
| 2.2.1. | Sitio del estudio..... | 21 |
| 2.2.2. | Fase I: Selección de criterios y variables de clasificación | 22 |
| 2.2.3. | FASE II, Análisis de la información:..... | 24 |
| 2.3 | Resultados y discusión | 25 |
| 2.3.1 | Tipificación de fincas ganaderas | 25 |
| 2.3.2. | Caracterización de las tipologías de fincas | 26 |
| 2.4. | Conclusiones | 35 |
| 2.5. | Literatura citada | 36 |
| 3. | Artículo 2. Cálculo de la huella hídrica en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá ³⁹ | |
| 3.1. | Introducción | 41 |
| 3.2. | Materiales y métodos | 42 |
| 3.2.1. | Sitio del estudio..... | 42 |
| 3.2.2. | Selección de fincas..... | 43 |
| 3.2.3. | Selección de animales | 43 |
| 3.2.4. | Medición de variables en fincas | 43 |
| 3.2.4.1. | Peso de los animales y condición corporal | 44 |
| 3.2.4.2. | Materia seca de los forrajes (% MSF)..... | 44 |
| 3.2.4.3. | Consumo de materia seca (CMS)..... | 44 |
| 3.2.4.4. | Producción de leche | 45 |
| 3.2.4.5. | Consumo de agua en la producción de forraje | 45 |
| 3.2.4.6. | Consumo directo de agua (CDA)..... | 45 |
| 3.2.4.7. | Consumos indirectos de agua (CAI)..... | 46 |
| 3.2.4.8. | Usos de agua en las actividades de manejo del hato..... | 46 |
| 3.2.5. | Análisis de la información..... | 46 |
| 3.3. | Resultados y discusión | 46 |
| 3.3.1. | Vacas en producción de leche | 46 |
| 3.3.1.1. | Consumo directo de agua (CDA)..... | 46 |
| 3.3.1.2. | Consumo indirecto de agua (CAI) | 48 |
| 3.3.1.3. | Usos de agua (UdA) en las actividades de manejo de vacas en producción | 51 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1.4. Cálculo de la huella hídrica para producir un litro de leche | 52 |
| 3.3.2. Hato no lactante | 55 |
| 3.3.2.1. Consumos directos de agua (CDA) | 55 |
| 3.3.2.2. Consumos indirectos de agua (CAI)..... | 56 |
| 3.3.2.3. Usos de agua (UdA) en las actividades de manejo del lote no lactante..... | 57 |
| 3.3.2.4. Huella hídrica para el hato no lactante | 57 |
| 3.3.3. Huella hídrica y consumo de agua a nivel de finca | 58 |
| 3.3.4. Puntos críticos de usos de agua | 60 |
| 3.4. Conclusiones..... | 63 |
| 3.5. Recomendaciones | 64 |
| 3.6. Literatura citada..... | 65 |
| 4. Conclusiones generales..... | 69 |
| 5. Capítulo dedicado a Especialización en Prácticas del Desarrollo (EPD) | 70 |
| 5.1. Pregunta 1. ¿Cuáles son las implicaciones que se pueden generar a partir de la clasificación de las fincas ganaderas y de la huella hídrica de fincas ganaderas, ubicadas en la cuenca del río La Villa? 70 | |
| 5.2. Pregunta 2. ¿Qué potencial tienen estos resultados para la formación de políticas?..... | 73 |
| 5.3. literatura citada | 74 |
| 6. Anexos..... | 75 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Esquema metodológico para el cálculo de huella de agua y agua virtual | 7 |
| Figura 2. Esquema metodológico para el cálculo de huella hídrica de una empresa o negocio. | 8 |
| Figura 3. Esquema metodológico de huella hídrica extendida. | 9 |
| Figura 4. Modelo metodológico para el cálculo de huella hídrica en España..... | 9 |
| Figura 5. Macro localización de la cuenca del río La Villa, Panamá. | 12 |
| Figura 6. Macro localización de la cuenca del río La Villa. | 22 |
| Figura 7. Esquema metodológico referente al análisis de información y clasificación de las fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, panamá. | 24 |
| Figura 8. Dendrograma de clasificación según nivel tecnológico de 211 fincas ganaderas doble propósito ubicadas en la cuenca río La Villa, Panamá. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo. | 26 |
| Figura 9. Gráfico resultante del análisis de correspondencia entre las características de las fincas y la asociación a los grupos identificados. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo..... | 30 |
| Figura 10. Producción promedio de leche en función de la época del año según tipología de fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá..... | 31 |
| Figura 11. Macro localización geográfica de la cuenca del río La Villa. | 42 |
| 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. | 48 |
| Figura 13. Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para el consumo indirecto de agua (l agua/vaca/día). FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo..... | 49 |
| 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 | 53 |
| 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. | 56 |
| 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. | 56 |

Figura 17. Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas en la HH promedio para el ható no lactante. FNAT = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo..... 58

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..... 58

Figura 19. Esquema de una forma en que se puede utilizar el indicador huella hídrica en la gestión del recurso hídrico de la cuenca del río La Villa..... 74

Índice de cuadros

Cuadro 1. Parámetros preliminares propuestos para clasificar las fincas ganaderas. 22

Cuadro 2. Parámetros utilizados en la clasificación de las fincas ganaderas según el nivel tecnológico de las fincas..... 23

Cuadro 3. Frecuencias absolutas y resultados del análisis de tablas de contingencia en la disponibilidad de infraestructura y equipos por grupos de fincas. 27

Cuadro 4. Frecuencias absolutas (porcentajes) y resultados del análisis de tablas de contingencia para los tipos de alimentos ofrecido al ható por grupos de fincas. 29

Cuadro 5. Frecuencias absolutas y resultados de tablas de contingencia en la disponibilidad, tipos de fuentes y prácticas de protección del recurso hídrico por grupos de fincas..... 31

Cuadro 6. Análisis de varianza para las características cuantitativas de los grupos de fincas. 32

Cuadro 7. Variación de la producción de leche según tipología de finca en función de la época del año. 33

Cuadro 8. Frecuencias absolutas y resultados del análisis de tablas de contingencia para el número de ordeños practicados según época del año por grupos de fincas..... 34

Cuadro 9. Estructura del ható según categorías (unidades animales promedios) para los diferentes grupos de fincas en cada época del año..... 43

Cuadro 10. Valores promedios de consumo directo de agua (CDA) obtenido para cada grupo de fincas en función de la época del año. 47

Cuadro 11. Consumo de alimentos por vacas en producción (kg MS/día) por los distintos grupos de fincas durante época seca. 50

Cuadro 12. Valores Promedios de usos de agua según tipologías de fincas. 51

Cuadro 13. Valores promedios obtenidos para indicadores productivos y huella hídrica en función de los grupos de fincas para las distintas épocas del año. 54

| | |
|---|----|
| Cuadro 14. Consumos de agua directos, indirectos y usos de agua promedios en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá..... | 60 |
| Cuadro 15. Puntos críticos de consumos de agua según tipologías de fincas ganaderas..... | 62 |
| Cuadro 16. Caracterización de los distintos tipos de fincas ganaderas identificadas en la cuenca del río La Villa..... | 71 |
| Cuadro 17. Valores de huella hídrica obtenidos para los distintos tipos de fincas ganaderas en función de la época del año (l agua/l leche/día)..... | 72 |
| Cuadro 18. Valores de consumos de agua obtenidos para los distintos tipos de fincas ganderas. . | 72 |

Índice de anexos

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Parámetros de los cultivos forrajeros utilizados en CROPWAT para el cálculo de los consumos de agua. | 75 |
| Anexo 2. Valores promedios de gastos de agua por kilogramo de materia seca según distintos tipos de forrajes utilizados en alimentación del ganado en fincas ganderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá..... | 76 |

Siglas

| | |
|-----------------|---|
| ANAM | Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá |
| ANOVA | Análisis de varianza |
| CDA | Consumo directo de agua |
| CAI | Consumo indirecto de agua |
| CMS | Consumo de materia seca |
| CC | Condición corporal |
| FNTA | Fincas con nivel tecnológico alto |
| FNTM | Fincas con nivel tecnológico medio |
| FNTB | Fincas con nivel tecnológico bajo |
| FONTAGRO | Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria |
| HH | Huella hídrica |
| IDIAP | Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá |
| MS | Materia seca |
| MSF | Materia seca del forraje |
| PFF | Peso fresco del forraje |
| PSF | Peso seco del forraje |
| PV | Peso vivo corporal |
| UdA | Usos de agua |

Resumen general

El presente estudio se realizó en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, durante la época seca (enero – abril) y parte de la época lluviosa (mayo – julio). La cuenca presenta una precipitación promedio anual entre 1000 a 2400 mm; ocurriendo la mayoría de estas (91%) entre diciembre a abril. La temperatura máxima en la parte alta de la cuenca es de 29,6°C y mínima de 19°C; en la cuenca media, se registran temperaturas máximas de 31,9°C y mínima de 20°C; en la cuenca baja, la temperatura máxima es 34,2°C y mínima 20,7°C.

El presente documento está conformado por tres secciones, un sección de aspectos generales del estudio y dos artículos. En el primer artículo se desarrolló una tipología de fincas ganaderas según el nivel tecnológico que presentaban. La clasificación se realizó en dos fases: i) inicialmente se analizó una base de datos ya existente, cuya muestra fue de 211 fincas la cual se obtuvo a partir de una población de 3116 productores ganaderos. Mediante revisión de literatura y criterios del equipo técnico IDIAP se definieron 5 indicadores de clasificación: productivos, usos de la tierra, infraestructura y equipos, suplementación alimenticia y disponibilidad de agua en las fincas; ii) la segunda fase fue el análisis de información; se realizaron análisis de conglomerados con el método de Ward y una distancia de Gower para definir las tipologías de fincas; ANOVAS y pruebas de comparación de medias de Duncan para seleccionar las variables cuantitativas, finalmente tablas de contingencias y análisis de correspondencia para variables cualitativas. Se obtuvieron 3 tipologías de fincas: fincas con nivel tecnológico alto (FNTA), fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y fincas con nivel tecnológico bajo (FNTB). El grupo FNTA se caracterizó por una mayor disponibilidad de infraestructura y equipos, alimentación basada en pastos mejorados, pastos de corte y suplementos elaborados en finca (ensilajes) y externos de la finca (concentrados), con una producción promedio de leche de 139,96 l /finca/día y 4,54 l leche/vaca/día; 168,17 l leche/finca/día y 7,04 l leche/vaca/día, durante época seca y lluviosa respectivamente. Este grupo se caracteriza por proteger fuentes de agua con bosques naturales (79,17%) y tener mayor disponibilidad de agua durante época seca. Las FNTM se caracterizaron por poseer mayor proporción de pastos de cortes, alimentación basada en pastos mejorados y más nacientes de agua, además cuentan con producciones de 41,24 l leche/finca/día y 2,88 l leche/vaca/día; 77,68 l leche/finca/día y 5,08 l leche/vaca/día, durante época seca y lluviosa respectivamente. Las fincas FNTB utilizan como principal alimentación las pasturas naturales, la ganadería presenta el mayor aporte al ingreso total de la finca (84,46%) y la producción promedio de leche es de 22,67 l leche/finca/día y 2,33 l leche/vaca/día; 46,2 l leche/finca/día y 4,88 l leche/vaca/día, durante época seca y lluviosa respectivamente.

El segundo artículo describe el cálculo de la huella hídrica (HH) para producir un litro de leche en fincas ganaderas y el consumo de agua por unidad animal. Se seleccionó 3 fincas de cada una de las tipologías definidas en el primer artículo, sumando un total de 9 fincas. Para el cálculo se utilizó todo el hato de las fincas (vacas en producción, vacas horras, terneros, terneras, novillos y novillas, sementales), la raza predominantes fue el cruce de *Bos indicus* × *Bos taurus*.

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). La huella hídrica por litro de leche se obtuvo a partir del cálculo de consumo directo, indirecto y uso de agua efectuada por los animales en producción de leche en la finca. El consumo de agua por unidad animal se obtuvo a partir del cálculo del consumo directo, indirecto y usos de agua empelados en los animales no lactantes de la finca. Los resultados de consumos de agua y huella hídrica se analizaron por medio de modelos lineales, generales y mixtos con varianzas distintas por grupos y épocas.

Los resultados indican que la huella hídrica por litro de leche para época seca fue 951,31; 1082,96; y 1111,3 litros de agua en las fincas FNTM, FNTA y FNTB respectivamente; mientras que en la época lluviosa fue 692,93; 962,76; y 1021,39 litros de agua para las fincas FNTA, FNTM y FNTB. El consumo de agua para el lote de animales no lactantes fue de 1646; 2185 y 2600 litros de agua por unidad animal en las fincas FNTM, FNTB y FNTA respectivamente; en cambio en la época lluviosa fue 3261,32; 3755,4; y 3832,65 litros de agua por unidad animal para FNTA, FNTM y FNTB. La Huella hídrica promedio de las épocas para la producción de un litro de leche fue 845,98; 896,97; y 1022,13 litros de agua en fincas FNTM, FNTA y FNTB respectivamente. Finalmente, el consumo de agua por finca en términos de l agua/UA/día fue de 3681,75; 3708,27 y 3717,73 para los grupos FNTA, FNTM y FNTB respectivamente

Abstract

The present study was conducted on cattle farms located by the river La Villa basin, during the dry season (January to April) and rainy season (May to July). The average rainfall ranges from 1000-2400 mm annually and 91% of the rainfall occurs between December and April. The maximum temperature in the upper part of the basin is 29.6°C and minimum 19°C. In the middle basin maximum temperatures is 31.9°C and the minimum recorded is 20°C, while, in the lower basin the maximum temperature is 34.2°C and minimum is 20.7°C.

In the first article, cattle farms were classified according to the level of technology presented. The classification is performed in two phases. The first phase included existing data. The sample was 211 farms, which was obtained from a population of 3116 cattle producers. Through literature review and criteria of technical equipment classification IDIAP five indicators were defined: production, land use, infrastructure and equipment, nutritional supplementation and water availability at the farm. The second phase was the analysis; cluster analysis with Ward's method and a distance of Gower were performed to define the types of farms. ANOVAS testing and comparison of means by Duncan were used to select quantitative variables, final contingency tables and correspondence analysis for qualitative variables.

We obtained 3 types of farms: Farms with high technological level (FHTL), farms with medium technology level (FMTL) and farms with low technological level (FLTL). The FHTL group was characterized by a greater availability of infrastructure and equipment, based on improved pasture and feed supplements. They had an average milk production of 139.96 l milk/farm/day and 4.54 l milk/cow/day, 168.17 l milk/farm/day and 7.04 l milk/cow/day during dry and rainy season respectively. They had higher proportion of farms that protect water sources with natural forests (79.17%) and higher water availability during dry season. The FMTL were characterized by higher proportion of pasture cuts and water sources, as well as milk productions on 41.24 l/farm/day and 2.88 l milk/cow/day, 77.68 l milk/farm/day and 5.08 l milk/cow/day during dry and rainy seasons respectively. The FLTL farms used as main power natural pastures, have more contribution of livestock to total farm income (84.46%) and the average milk yield is 22.67 l milk/farm/day and 2.33 l milk/cow/day, 46.2 l milk/farm/day and 4.88 l milk/cow/day during dry and rainy season respectively.

The second article calculated the water footprint (HH) of the production of one liter of milk as well as the water footprint per animal unit. These were then classified as farms with high, medium or low technology. 9 farms were selected, 3 farms with high technological level (FHTL), 3 farms with medium technology (FMTL) and 3 farms with low technology (FLTL). To calculate the whole herd of farms (dairy cows, dry cows, calves, bulls, stallions), the Predominant race was crossing *Bos indicus* × *Bos taurus*.

The variables measured were: animal weight, dry matter content of forages (% MSF), matter intake of animals (CMS) offered as diet, milk production (PL), liters of water used to produce a kilogram of dry forage (RA / kg / MSF), direct water consumption (CDA), indirect water consumption (CAI) and water usage (UdA). The water footprint per liter of milk and water footprint per animal unit was obtained from the amounts of water consumption, milk production and animal units averages. Then, the average water footprint per farm was calculated based on the water footprint of dairy cows and non-lactating categories water footprint. The results of water consumption and water footprint was analyzed by lineal model, general and mixed models with different groups and season variances.

The water footprint per liter of milk for dry season was 951.31, 1082.96 and 1111.3 l water/l milk in FMTL, FH TL, FL TL farms, whereas in the rainy season was 692.93, 962.76 and 1021.39 l water / l milk in FH TL, FMTL and FL TL farm. The water footprint per animal unit was 1646, 2185 and 2600 l/UA in FMTL, FL TL and FH TL farm and in the rainy season it was 3261.32, 3755.4 and 3832.65 l/UA for FH TL, FMTL and FL TL farm. The average water footprint of times to produce a liter of milk was 845.98 liters of water in Middle Farms with Technology Level, 896.97 liters of water in Farms with High Technological Level and 1022.13 liters of water in Farms with Low Level Technology respectively. Finally, water consumption per farm in terms of l water / UA / day was 3681.75; 3708.27 and 3717.73 for FH TL, FMTL and FL TL groups respectively.

1.1. Introducción

Dado el aumento de la población y el crecimiento económico, la demanda de agua para las ciudades e industria está creciendo mucho más rápidamente que la demanda agrícola. Incluso dentro del mismo sector agricultura, los productos básicos, la ganadería, la pesca continental y la acuicultura, así como los cultivos no alimentarios, existe competencia por recursos hídricos (FAO 2012). La actividad ganadera es una de las principales actividades productivas que ejercen mayor presión sobre los recursos agua y suelo a nivel mundial, su consumo en agua azul (superficial y subterránea) alcanza un 9% del total de fuentes de agua azul (3800 km³), y el 70% de estas extracciones son destinadas a riego (2700 km³) (FAO 2008).

La ganadería en Latinoamérica representa el 5,23% del PIB total, la carne y leche aportan 18,7% de la alimentación diaria de la población y se prevé aumento en el consumo. Las actividades ganaderas en esta región cuentan con importantes recursos que le permiten una buena posición en la producción de productos bovinos. Pero por otra parte, se señalan a los sistemas ganaderos como causantes de contaminación y deforestación, lo que afecta la disponibilidad y calidad de las fuentes de agua y la degradación de la biodiversidad (FAO 2010).

En Centroamérica, la ganadería de bovinos es una actividad ampliamente extendida con más de 350 000 familias dedicadas a esta actividad (Aguilar *et al.* 2010). A pesar de la importancia socioeconómica se registran serios problemas de degradación de pasturas que afectan el ciclo hidrológico y otros servicios ecosistémicos (Ríos *et al.* 2006, Salas 2011). Según Pezo (2009), entre un 50 y 80% de 13,2 millones de hectáreas de pastos dedicadas a alimentación bovina en Centroamérica se encuentran degradadas. Otro problema que enfrentan las fincas ganaderas en Centroamérica es la falta de agua para el ganado lo que ocasiona pérdidas en la producción (Palma *et al.* 2011).

Por otra parte, se han desarrollado indicadores que permiten medir los usos de agua en actividades agropecuarias. La huella hídrica es un indicador que permite cuantificar las cantidades de agua utilizadas para producir un bien o un producto (Hoekstra *et al.* 2011). Este indicador puede contribuir al ámbito público y privado a determinar y proponer modos de producción más eficientes en cuanto al uso del agua (Chapagain y Orr 2009). Según Hoekstra (2012), para producir un litro de leche se requieren 1020 l agua y 14, 415 litros de agua para un kilogramo de carne.

En algunos estudios se han recomendado estrategias para reducir la huella hídrica en sistemas ganaderos, entre estos destacan: mantener cobertura vegetal en las pasturas para mejorar la oferta forrajera y reducir las pérdidas de agua debido a la evaporación (Molina 2011); establecer sistemas silvopastoriles y bancos forrajeros (Ríos *et al.* 2012); utilizar alimentación eficientes (residuos de cultivos y forrajes), políticas de compensaciones económicas o ambientales (Mekonnen y Hoekstra 2012).

En este sentido es importante destacar que la ganadería en Panamá es de tipo extensiva, la mayor presión sobre el recurso hídrico se ha evidenciado en la región de Azuero principalmente por actividades pecuarias y de riego vinculadas a cultivos (Trejos 2011). En dicha región se ubica la cuenca río La Villa, esta cuenca es de gran importancia tanto para la provincia de Herrera como para la de Los Santos, ya que abastece de agua potable, cerca de 92,925 personas, a la parte más poblada y económicamente importante de estas provincias (Chitré, Pesé, La Villa de Los Santos, Macaracas, Guararé y Las Tablas). El principal uso de la tierra en la cuenca es la ganadería (60%).

En este contexto, la presente investigación se desarrolló en la cuenca río La Villa; en fincas ganaderas con diferentes niveles tecnológicos. Tuvo la finalidad de calcular la huella hídrica para producir un litro de leche y la huella hídrica por unidad animal para tener una cuantificación a nivel de todo el hato de la finca. Los resultados permitirán identificar factores asociados al mayor o menor consumo de agua; además, los insumos podrían usarse para mejorar las metodologías de cálculo de la huella hídrica en fincas ganaderas y para desarrollar estudios que permitan diseñar estrategias de manejo eficiente del agua en fincas ganaderas.

1.2. Objetivos del estudio

1.2.1. Objetivo general

Calcular la huella hídrica en fincas ganaderas doble propósito como un indicador para mejorar la eficiencia de aprovechamiento del agua de la cuenca del río La Villa, Panamá.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las tipologías de fincas ganaderas existentes en la cuenca del río La Villa.
- Calcular la huella hídrica por litro de leche y por unidad animal en las distintas tipologías de fincas ganaderas en la cuenca del río La Villa.

Preguntas para el primer objetivo

¿Cuáles son las distintas tipologías de fincas ganaderas que existen en la cuenca del río La Villa?

¿Cuáles son las tecnologías y prácticas de manejo implementadas que permiten diferenciar y describir los tipos de fincas ganaderas existentes en la cuenca?

Preguntas para el segundo objetivo

¿Cuál es la cantidad de agua requerida para producir un litro de leche en cada una de las tipologías de fincas?

¿Cuál es la cantidad de agua requerida por unidad animal según tipología de finca?

¿Cuáles son los factores que influyen en mayores consumos de agua en cada tipología de finca?

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Generalidad de la ganadería

La ganadería representa el 40 % del producto interno bruto (PIB) agrícola a nivel mundial, genera empleo para mil trescientos millones de personas y suministran un tercio del consumo mundial de proteínas (Steinfeld *et al.* 2009). Durante los últimos años gran parte del área boscosa fue deforestada para promover la ganadería extensiva; en Latinoamérica el área en pasturas representa un 46% del total (18.4 millones de ha), siendo uno de los más importante uso de la tierra (Murgueitio y Ibrahim 2000). Según Trejos (2011), la ganadería en Panamá es de tipo extensiva y se le atribuye el fomento de la deforestación y la subutilización productiva de suelos agrícolas.

Si bien es cierto, el sector pecuario es una de las actividades humanas que han presionado los ecosistemas y los recursos naturales: suelo, agua, bosque y biodiversidad. También es un sector fundamental para la seguridad alimentaria de las familias rurales y urbanas (FAO 2009). En este sentido, vale la pena destacar que existen sistemas sostenibles de producción ganadera como los sistemas silvopastoriles que contribuyen con la generación de servicios ecosistémicos tales como protección de fuentes de agua, protección del suelo, conservación de biodiversidad y secuestro de carbono (Villanueva *et al.* 2010).

1.3.2. Importancia de tipificar fincas

Tipificar fincas ganaderas puede contribuir a establecer herramientas que permitan la adopción de alternativas sostenibles para la producción (Vargas *et al.* 2011). Desde una perspectiva de desarrollo, la tipificación de fincas permite clasificar y tipificar una muestra de explotaciones rurales e identificar formas de gestión rural bien diferenciadas entre sí, con necesidades y limitaciones diferentes, que facilitan la detección de debilidades y fortalezas, y establecer prioridades a la hora de diseñar políticas de desarrollo para una zona (Coronel y Ortuño 2005).

La tipificación de finca se realiza mediante conglomerados, el cual permite agrupar diferentes objetos descritos por un conjunto de valores de varias variables. Cada individuo es homogéneo dentro del mismo grupo pero heterogéneo entre grupos. En el análisis de conglomerados es importante tener definido el método para agrupar y la distancia a utilizar. Entre los métodos se mencionan: encadenamiento simple, encadenamiento completo, encadenamiento promedio, encadenamiento promedio ponderado, centriode ponderado, centriode no ponderado y Ward o método de mínima varianza. Con respecto a la distancia, puede utilizarse Euclídea para variables cuantitativas, Jaccard en caso de variables cualitativas y para mezcla de variables se utiliza Gower (Di Rienzo *et al.* 2008).

1.3.3. Tipos de fincas ganaderas existentes en los trópicos

Según Sánchez (2007), en Mesoamérica los sistemas ganaderos se clasifican en:

1. Ganadería extensiva orientada a engorde y cría: practicada especialmente en tierras bajas; uso de forrajes nativos y bajo empleo de insumos.
2. Ganadería especializada de leche: localizada principalmente en tierras altas, con adopción de tecnologías modernas y uso intensivo de insumos industriales.
3. Ganadería de doble propósito: enfatiza en la producción de leche y de carne dependiendo de la demanda, estabilidad y precios relativos de estos productos.
4. Ganadería de subsistencia (laderas y zonas de frontera agrícola).

Los sistemas ganaderos tropicales son mayoritariamente doble propósito (Camargo *et al.* 1997). Estos sistemas presentan bajos valores de productividad (Velasco *et al.* 2009). Así mismo, sencillez, estabilidad y flexibilidad, es lo que le ha permitido sobreponerse aún en condiciones climáticas, económicas y sociales difíciles.

1.3.4. Sistemas silvopastoriles

Son sistema ganaderos mejorados que involucran la presencia de leñosas perennes (árboles o arbustos) que interactúan con especies forrajeras herbáceas y animales (Pezo y Ibrahim 1998). Según Villanueva *et al.* (2010), estos sistemas ofrecen beneficio económico, sociales y ecológicos. En el componente ecológico permiten la restauración ecológica de pasturas degradadas, protegen fuentes de agua y la biodiversidad.

Los sistemas silvopastoriles que integran árboles en potreros brindan beneficios hidrológicos ya que favorece la infiltración y retención del agua en el suelo (Young 1997), los bancos forrajeros reducen el doble del volumen de agua de escorrentía en relación con las pasturas degradadas (Salas 2011). La sombra de árboles en potreros permite reducir el estrés calórico por lo que puede contribuir a reducir el consumo de agua directo en el ganado y a la vez mejorar la productividad animal, asimismo contribuyen a reducir las pérdidas de agua causadas por la evaporación desde las pastura (Molina 2011).

1.3.5. Conceptos básicos de huella hídrica

La Huella hídrica de la producción es una medida del agua utilizada en diferentes países, así como un indicador de la demanda humana de los recursos hídricos (Brito 2011). Por otro lado la huella hidrológica de una persona, colectivo o país se define como el total de agua usada para producir los bienes y servicios consumidos por esa persona, colectivo o país (Rodríguez *et al.* 2008, Grajales *et al.* 2008). También es conceptualizada como el indicador para medir el uso de agua directo e indirecto (Ertug y Hoekstra 2012).

Hoekstra *et al.* (2011), definen que la huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que se ve no sólo en el uso del agua directa de un consumidor o productor, sino también en el uso del agua indirecto. La huella hídrica de un producto es el volumen de agua dulce utilizada para producir el producto, medido sobre la cadena de suministro.

1.3.6. Metodologías implementadas en el cálculo de huella hídrica

La metodología básica está basada en la huella hídrica azul, verde y gris (Hoekstra *et al.* 2011). La huella hídrica azul se refiere al consumo de los recursos hídricos procedentes de agua dulce superficial y subterránea.

La huella hídrica azul de un proceso involucra:

- El agua que se evapora.
- El agua que se incorpora en el producto.
- El agua que no vuelve a la misma zona de influencia y que es devuelta a otra zona de captación.
 - El agua que no vuelve en el mismo periodo.

El cálculo de la huella hídrica azul se realiza con la siguiente fórmula:

$$HA \text{ azul} = \text{Agua azul evaporación} + \text{Agua azul de incorporación} + \text{flujo de retorno}$$

La huella de agua verde: corresponde a las precipitaciones en tierras que no escurren, que recargan las aguas subterráneas o que temporalmente permanecen encima del suelo o vegetación.

La huella hídrica verde se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$HA_{\text{verde}} = \text{Agua verde Evaporación} + \text{Agua verde de Incorporación}$$

El agua gris: es calculada al dividir la carga de contaminantes “L”(expresado en masa/tiempo) por la diferencia entre la norma de calidad del agua del ambiente para ese contaminante (la concentración máxima aceptable C_{max} expresado en masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua que recibe (C_{nat} expresado en masa/volumen). Cuya ecuación se expresa:

$$HA_{\text{gris}} = L / (C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})$$

1.3.6.1. Métodos para el cálculo de la huella hídrica

1.3.6.2. Basado en agua virtual

La metodología se basa en el cálculo de huella hídrica incluyendo el agua virtual. El agua virtual se puede expresar como una huella de agua total de una nación que mide el agua que se utiliza dentro de un país y el agua que se utiliza fuera de las fronteras de un país para producir los productos consumidos.

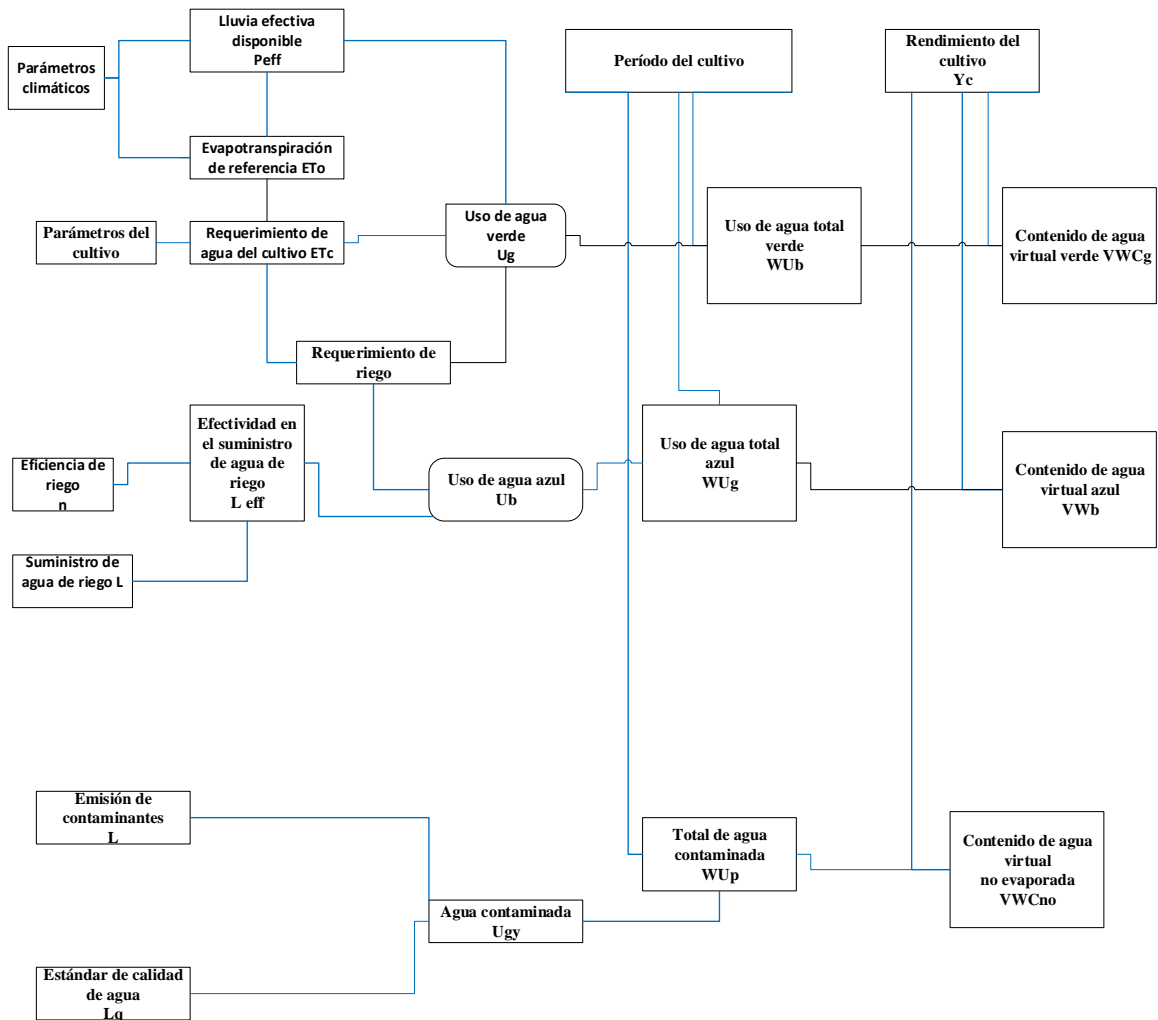


Figura 1. Esquema metodológico para el cálculo de huella de agua y agua virtual

Fuente: tomado de Chapagain y Orr 2009.

Ajustes a la metodología de cálculo la huella hídrica (Brito 2011):

- Incorporar en las metodologías, algunos métodos para disminuir el consumo de agua.

- Incorporar métodos de inserción a la comunidad organizacional, desde proveedores hasta clientes, incluyendo a todo el personal que trabaja dentro de la empresa, de manera que se genere una cultura ambiental y una conciencia por hacerlo de la mejor manera posible y con los datos más fidedignos disponibles.
- Especificar dentro de la metodología, un nivel de alcance máximo, de modo que el tope para calcular el uso del agua sea evidentemente identificable.
- Evitar la doble contabilidad, especificando claramente los consumos de agua que una empresa puede y no puede declarar como propios.

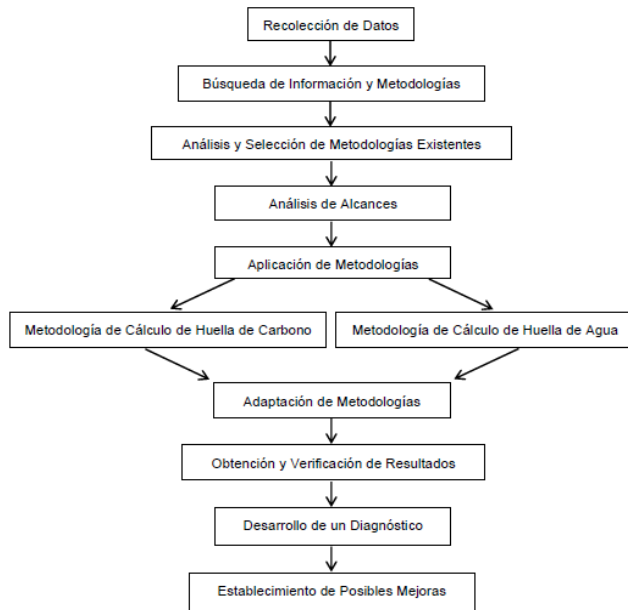


Figura 2. Esquema metodológico para el cálculo de huella hídrica de una empresa o negocio.

Fuente: tomado de Brito 2011

1.3.6.3. Basada en la huella hídrica extendida

Esta metodología fue creada por Salmoral *et al.* (2011), se aplicó para analizar la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir (España). Con el fin de facilitar información para la mejora de la asignación y gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Este estudio diferencia entre agua verde y azul (agua de origen superficial y subterráneo). Por otra parte, introduce indicadores económicos, siendo la vertiente económica clave a la hora de analizar los consumos de agua. Presenta también por primera vez la integración de la huella hídrica dentro del ciclo hidrológico y su balance a escala de cuenca.



Figura 3. Esquema metodológico de huella hídrica extendida.

Fuente: Tomado de Salmoral et al. 2011

1.3.6.4. Cálculo de la huella hidrológica de la agricultura de España

Esta metodología toma como base los planteamientos de Chapagain y Hoekstra (2004), e incorpora una serie de aportaciones con el fin de adaptar dicha metodología de la agricultura española y lograr una mejor precisión en los resultados.

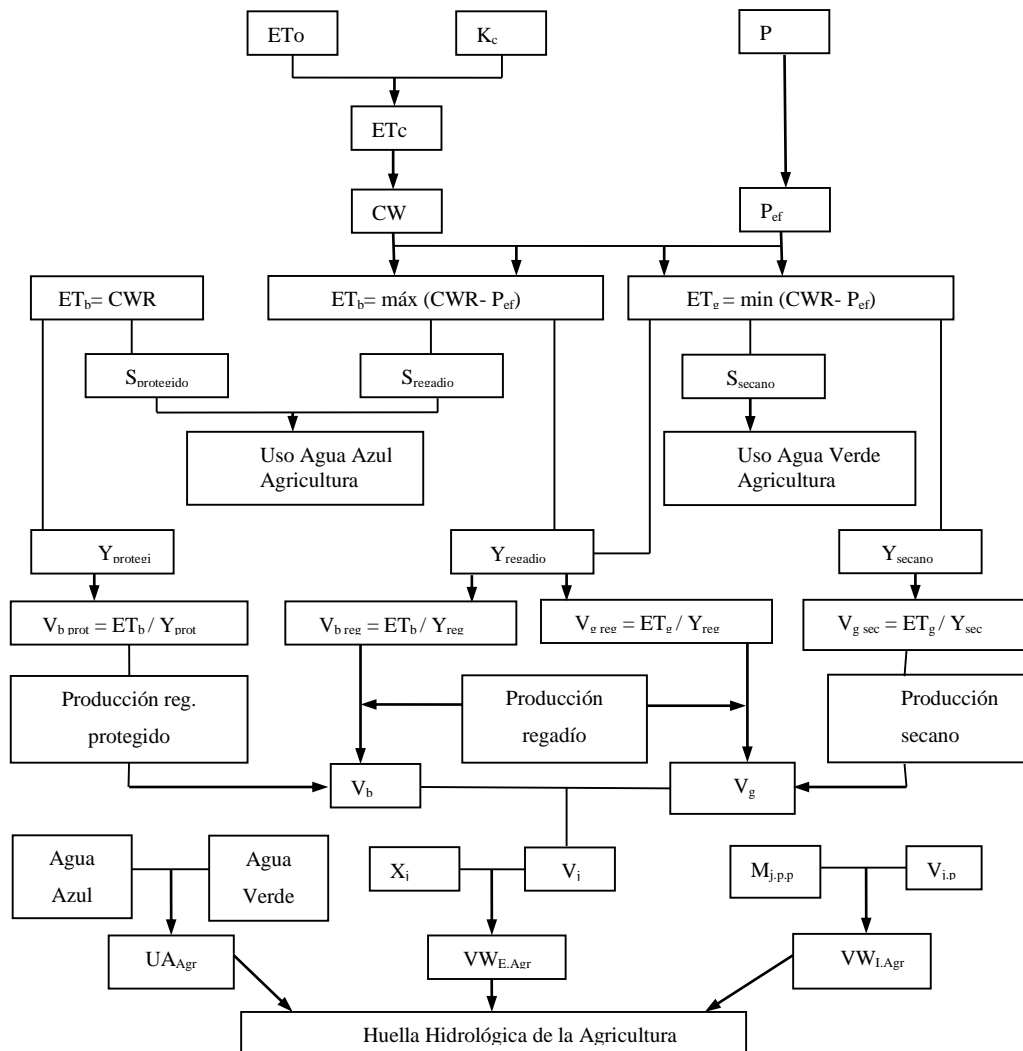


Figura 4. Modelo metodológico para el cálculo de huella hídrica en España.

Donde:

ET_o: evapotranspiración de referencia; **kc**: coeficiente de cultivo; **Pe_{ff}**: precipitación efectiva. **ET_b**: evapotranspiración de agua azul; **ET_g**: evapotranspiración de agua verde; **S**: superficie; **Y**: rendimiento; **V_b**: contenido en agua virtual azul; **V_g**: contenido en agua virtual verde; **X_j**: exportaciones del producto j. **V_j**: contenido en agua virtual del producto j; **M_{jp}**: importaciones del producto j del país p; **V_{jp}**: contenido en agua virtual del producto j en el país p; **UAA_{gr}**: uso agua en la agricultura; **VWE Agr**: agua virtual ‘exportada’ en productos agrícolas; **VWI, Agr**: agua virtual ‘importada’ en productos agrícolas.

Fuente: Rodríguez et al. 2008

1.3.7. Huella hídrica de un producto

Es el volumen total de agua dulce que se utiliza directamente o indirectamente para producir un producto. Generalmente es expresada es m³/ton (metros cúbicos por tonelada de producto) o l/kg (litros de agua por kilogramo de producción), el cálculo de la huella hídrica de un producto demanda un conocimiento y descripción de las etapas o procesos en que se produce el producto (Hoekstra *et al.* 2011).

1.3.8. Estudios de huella hídrica en fincas ganaderas

La cuantificación de las huellas hídricas de consumo y producción es un tema relativamente nuevo y en constante evolución (Llamas 2005, M. M. Aldaya *et al.* 2011). No existen muchos estudios relacionados a huella hídrica de la ganadería en los sistemas de producción tropicales, generalmente las investigaciones realizadas hacen referencias a estudios realizados de forma global sobre la cuantificación de los volúmenes de agua requeridos para producción de leche y carne.

La demanda de agua en la ganadería corresponde al consumo de agua de una cabeza de ganado durante un día y que depende del tipo de ganado y se mide en litros por cabeza y día o en litros por unidad ganadera y día (Rodríguez *et al.* 2011). Mekonnen y Hoekstra (2012) refieren que la huella hídrica de los sistemas de producción pecuarios (ganadería) es influenciada por el tipo de sistema de producción, el tamaño del sistema, la composición del hato y la geografía. Asimismo, indican que existen diferencias entre países, debido principalmente a la conversión de alimento y las cantidades de agua requeridas para la producción de forrajes (cambian debido a las condiciones climáticas).

Mekonnen y Hoekstra (2010) indican que la huella hídrica de carne de ganado vacuno es de 15400 m³/ton; Carbonell (2010) plantea que la huella hídrica de la ganadería destinada a leche es 1000 litros de agua/litro de leche. La huella de agua de un animal puede calcularse con base en la huella de agua del alimento consumido y el agua que consume de forma directa (Hoekstra 2012). En un estudio realizado en Nueva Gales del Sur, se obtuvo una huella hídrica de 3,3 a 221 litros H₂O/kg de peso vivo del animal (Ridoutt *et al.* 2011).

Molina (2011), en un estudio realizado en Palmira-Valle, Colombia, reportó 1780 litros de agua/ litro de leche y 609 798 litros de agua/animal/año. En Centroamérica los aportes más recientes sobre el cálculo de huella hídrica se desarrollaron por Ríos (2012), en Nicaragua, en los municipios Jinotega y Matiguás, el estudio consistió calcular la huella hídrica de fincas ganaderas destinadas a la producción de leche, los resultados de dicho estudio indican que los requerimientos de agua para producir un litro de leche corresponden a 950 litros de agua en Matiguas y 1500 litros de agua en Jinotega.

1.3.9. Factores que afectan el consumo de agua directo del ganado

Según Martínez (2006), el agua es el nutriente más importante para el ganado. Duarte (1998) y Cardot *et al.* (2008) indican que el consumo de agua directo en vacas depende del contenido ingerido de materia seca, producción de leche y factores ambientales. Por otro lado, Araujo-Febres (2005) afirma que el consumo de agua en ganado bovino en condiciones tropicales está condicionado por la temperatura ambiente y el consumo de materia seca, también, señala que el ganado europeo consume mayor cantidad de agua que el ganado cebú.

La factores ambientales afectan directamente el comportamiento de los bovinos, uno de los más claves es la temperatura ambiental (Arias *et al.* 2008). Si existe mayor temperatura que la normal se pueden producir pérdidas hasta del 2% del peso vivo (PV), esto influye en mayor ingesta de agua fresca (Ramírez 2006).

El aumento de temperatura ambiente produce en los animales estrés térmico e influye en un menor consumo de materia seca (CMS), lo que ocasiona un mayor consumo de agua (Araujo-Febres 2005). Moncada y Chou (2004) evaluaron la frecuencia de consumo de agua en época seca y lluviosa y encontraron mayor frecuencia de consumo de agua en período seco. Sager (2000) indica que las vacas en lactancia consumen mayor cantidad de agua, de tal forma que el estado fisiológico del animal influye en el consumo de agua.

1.3.10. Descripción general de la cuenca

La cuenca del río La Villa, ha sido identificada como una de las cuencas prioritarias del país ya que abastece de agua potable a la parte más poblada y económicamente importante de la provincia (Faustino *et al* 2008). Esta cuenca se encuentra en la península de Azuero entre las provincias de Herrera y Los Santos, entre las coordenadas geográficas 7° 30' y 8° 00' de latitud norte y 80° 12' y 80° 50' de longitud oeste. La precipitación media anual es de 1,800 mm; el caudal medio anual del cauce principal de 26,1 m³/s (Faustino *et al* 2008).

La cuenca del Río La Villa posee siete zonas de vida: Bosque seco premontano (bs-P): es la zona de vida que se encuentra más cerca de la costa y que se caracteriza por contener especies arbustivas de la familia de las leguminosas; Bosque Seco Tropical (bs-T): constituye el área geográfica de mayor extensión. Bosque Húmedo Premontano (bh-P): esta zona es una transición entre las zonas de vida del bosque seco tropical y el bosque húmedo tropical. Bosque muy Húmedo Premontano (bmh-P): dentro de esta zona de vida se encuentran dos comunidades (La Pitaloza Arriba y Quebrada del Rosario), Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T): es una zona de vida poco intervenida, Bosque Pluvial Premontano (bp-P), en esta zona de vida se presenta la mayor altura dentro de la cuenca (957 msnm) (Faustino *et al* 2008).

La ganadería es una de las actividades de producción que históricamente ha contribuido al desarrollo económico del área (ANAM 2008) y los sistemas ganaderos predominantes son extensivos (CATIE 2009). Alrededor de un 60% de la superficie total de la cuenca está ocupada con áreas de pastizales que se destinan a la cría y ceba de bovinos, mientras que la actividad agrícola abarca poco más de un nueve por ciento (Faustino *et al.* 2008).

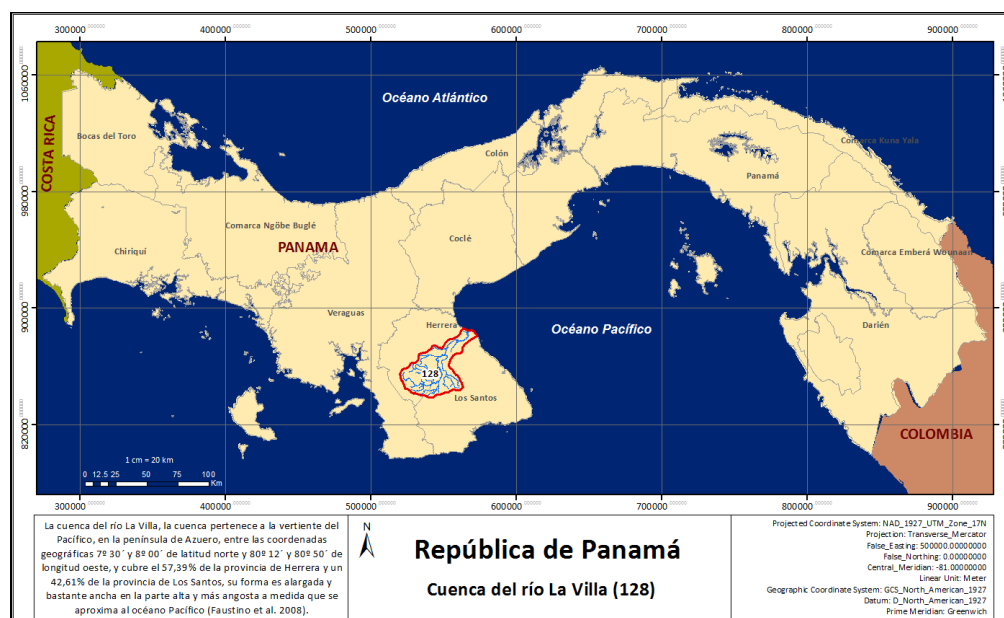


Figura 5. Macro localización de la cuenca del río La Villa, Panamá.

Fuente: CATIE (2013)

1.4. Breve descripción de capítulos

El presente estudio, se divide en dos artículos. El primer artículo consiste en la caracterización de los sistemas ganaderos existentes en la cuenca del río La Villa, con base al mosaico de usos de la tierra y los niveles tecnológicos que presentan; el segundo artículo consistió en el cálculo de la huella hídrica por litro de leche, unidad animal y finca, según nivel tecnológico de las fincas ganaderas.

Con los resultados se podrán conocer las tipologías de fincas ganaderas y los consumos de agua de las fincas según las prácticas de manejo y el nivel tecnológico que presentan; asimismo, se conocerán los puntos críticos de consumo de agua y que alternativas se podrían implementar para reducir la huella hídrica y por ende, gestionar sistemas ganaderos eficientes en el uso del recurso hídrico.

1.5. Literatura citada

- Adams, R; Sharpe, W. 2001. Water intake and quality for dairy cattle. Pennsylvania State University. 8 p.
- Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. Maracaibo, Venezuela. p. 1-12.
- Arias, R; maderb, T; Escobar, P. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Universidad Católica de Temuco, Chile 16 p.
- Brito, O. 2011. Diagnóstico de implementación de metodología de cálculo de la huella de agua y huella de carbono en Empresa DSM. Puerto Montt – Chile. 108 p.
- Bustamante, S. 2009. Gestión del agua para uso agrícola y pecuario en la parte alta y media de la subcuenca del río Gato, provincia de Herrera, República de Panamá. p. 2- 3.
- Carbonell, V. 2010. Agricultura y desarrollo sostenible. Madrid. 44 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>
- Coronel, M; Ortuño, S. 2005. Tipificación de los sistemas productivos agropecuarios en el área de riego de santiago del estero. Argentina. p. 1 – 64.
- Cruz, J; Nieuwenhuyse, A. 2008. El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas. 152.
- Chapagain, AK; Hoekstra, AY. 2004. Water footprints of nations. 16:80.
- Chapagain, AK; Orr, S. 2009. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: a case of Spanish tomatoes. *J Environ Manage* 90(2):126.
- Duarte, E. 1998. Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero. Sitio Argentino de Producción Animal. p. 1-4.
- Ertug, A; Hoekstra, AY. 2012. Carbon and Water Footprints Paris, France. 392 p.
- FAO. 2008. Agua para la alimentación. p. 1 - 9.
- FAO. 2012a. La huella hídrica, un indicador de gestión del agua, y su relación con la seguridad alimentaria. 7 p.
- 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. 2008a. Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la cuenca del Río La Villa - Caracterización. p.220 - 223.
- 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. 2008b. Plan de Ordenamiento Territorial Ambiental de la Cuenca del Río La Villa - Diagnóstico. 253 p.
- García, F. 2010. Efecto de la cobertura arbórea en potreros y el estado de lactancia, sobre el comportamiento diurno de ganado doble propósito manejado bajo pastoreo en el trópico sub-húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 96 p.

- Grajales, A; Jaramillo, A; G, C. 2008. Los nuevos conceptos sobre “agua virtual” y “huella hídrica” aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico. Universidad de Caldas. p. 1-20.
- Hoekstra, AY; Ashok K. Chapagain, AK; Aldaya, M; Mekonnen, M. 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Earthscan. London, Washington, DC. 2 p.
- Hoekstra, AY. 2012. The hidden water resource use behind meat and dairy. *Animal Frontiers* 2(2):3-8.
- Kramer, E. 2009. Water and feed intake in dairy cows –Model evaluation and potential for health monitoring. Institute of Animal Breeding and Husbandry Christian-Albrechts University D-24118 Kiel, Germany. 96 p.
- LLamas, M. 2005. Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. 99:21.
- M. M. Aldaya, MM; Niemeyer, I; Zarate, E. 2011. Agua y Globalización: Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos. Universidad Politécnica de Madrid. España. p. 1 - 24
- Marín, C. 1996. Sistemas de explotación del ganado en la región de murcia. Universidad Politécnica de Madrid. p. 1-14.
- Martínez, A. 2006. Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero. VII:23.
- Mekonnen, MM; Hoekstra, AY. 2010. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. University of Twente, Enschede, The Netherlands. 1:50.
- Mekonnen, MM; Hoekstra, AY. 2012. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems* 15(3):401-415.
- Meyer, U; Everinghoff, M; Gädeken, D; Flachowsky, G. 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livestock Production Science* 90(2-3):117-121.
- Moncada, M; Chou, L. 2004. Effects of Season, Housing and Physiological Stage on Drinking and Other Related Behavior of Dairy Cows (*Bos taurus*). 1417 - 1429.
- Nosetti, L; Herrero, M; Pol, M; Iramain, M; Maldonado, M; Flores, M. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros. Universidad de Buenos Aires. 7 p .
- Palma, E; Cruz, J; Martínez, A; Aguilar, A; Nieuwenhuyse, A. 2011. ¿Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado?. Turrialba, CR: CATIE 101:62.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 4 p. (Materiales de enseñanza, no. 44).
- Potts, J. 2002. Determining the water needs of dairy cattle. Kansas State University Manhattan, Kansas 70 p .
- Pulido, R; Balocchi, O; Fernandez, J. 2001. Efecto del nivel de producción de leche sobre el comportamiento ingestivo en vacas lecheras en pastoreo primaveral. Universidad Austral de Chile, Chile. 10 p .
- Ramírez, L. 2006. Sin agua no hay carne, ni leche, ni lana, ni huevos. Universidad de Los Andes – Trujillo. Venezuela. p. 1-3.

- 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 Agroflorestais para produçãoa Pecuário Susténteve. Turrialba, Costa Rica. p. 1-5.
- Rodríguez, F; Sotelo, J, A; Olcina, J; Tolón, A; García, J; Lastra, X; García, F; Sotelo, M; Sotelo, I. 2011. Huella hídrica, desarrollo y sostenibilidad en España. Madrid (España 64 p.
- Rodríguez, R; Garrido, A; M. R. Llamas, MR; Varela-Ortega, C. 2008. La huella hidrológica de la agricultura española. Madrid. 20 p.
- Sager, R. 2000. Agua para bebida de bovinos. Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p.
- Salmoral, G; Dumont, A; Aldaya, MM; Rodríguez-Casado, R; Garrido, A; R, LM. 2011. Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir. Madrid, España. 18 p.
- Sánchez, L. 2007. Caracterización de la mano de obra en fincas ganaderas y rentabilidad de bancos forrajeros en esparza, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 98 p.
- Sandoval, C. 2010. Comportamiento hidrológico y gestión del agua para consumo humano en la microcuenca San Juan Otontepec, Veracruz, México. CATIE. 167 p.
- Trejos, N. 2011. Recursos Hídricos de Panamá 2011. Panamá 63 p.
- Vargas, J; DB, D; Torres, V; Velázquez, F; Erazo, O. 2011. Tipificación de las fincas ganaderas en el piedemonte de las provincias Los Ríos y Cotopaxi de la República del Ecuador. Quevedo, Ecuador. 381 p.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Haenel, G. 2010. Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles. Turrialba. C.R. CATIE. 11 p.

2. Artículo 1. Tipificación de fincas ganaderas doble propósito ubicadas en la cuenca río La Villa, Panamá

Resumen

Diferentes estudios indican que los sistemas ganaderos doble propósito son muy dinámicos y variables independientemente que estén ubicados en la misma región o ecosistema; en la cuenca río La Villa, la ganadería doble propósito utiliza un área correspondiente al 60% del territorio total de la cuenca. Con la finalidad de conocer los diferentes tipos de fincas ganaderas ubicados en la cuenca del río La Villa, se realizó una caracterización de fincas ganaderas en la cual se utilizó una base de datos del proyecto FONTAGRO, los criterios de clasificación utilizados fueron: datos de producción, usos de la tierra, disponibilidad de infraestructura y equipos, estrategias de alimentación del hato y disponibilidad de agua en la finca según percepción de los productores ganaderos. Se realizaron análisis de conglomerados y análisis de varianza multivariado (MANOVA) para clasificar los grupos de fincas; análisis de varianza univariados (ANOVAS) en variables cuantitativas y análisis de correspondencia y tablas de contingencia en variables cualitativas para identificar las variables que influyeron en la separación de los grupos de fincas. Se identificaron tres grupos de fincas ($P= 0.0001$); fincas con nivel tecnológico alto (FNTA), fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y fincas con nivel tecnológico bajo o tradicional (FNTB). El grupo FNTA se caracterizó por una mayor disponibilidad de infraestructura y equipos, alimentación basada en pastos mejorados, pastos de corte y suplementos elaborados en finca (ensilajes) y externos de la finca (concentrados), con una producción promedio de leche de 139,96 l/finca/día y 4,54 l leche/vaca/día; 168,17 l leche/finca/día y 7,04 l leche/vaca/día, durante época seca y lluviosa respectivamente. Las fincas FNTM se caracterizaron por poseer mayor proporción de pastos de cortes, alimentación basada en pastos mejorados y producciones de 41,24 l leche/finca/día y 2,88 l leche/vaca/día; 77,68 l leche/finca/día y 5,08 l leche/vaca/día, durante época seca y lluviosa respectivamente. Las fincas FNTB utilizan como principal alimentación las pasturas naturales y cuentan con producción promedio de 22,67 l leche/finca/día y 2,33 l leche/vaca/día; 46,2 l leche/finca/día y 4,88 l leche/vaca/día, durante época seca y lluviosa respectivamente. En los tres grupos de fincas se realiza un ordeño diario, excepto, el 16,67% (4 fincas) del grupo FNTA que hacen doble ordeño. El aporte por la ganadería a los ingresos totales de las fincas fueron: 86,46%; 72,67%; 70,72% en fincas FNTB, FNTA y FNTM respectivamente. Finalmente, en el grupo FNTA se encontraron más fincas (79,17%) con bosques naturales destinados a la protección de fuentes de agua y mayor disponibilidad de fuentes de agua durante la época seca según percepción del 54% de los productores, entre los cuales se destacan ríos y quebradas. En cambio, el grupo FNTM presentó mayor número de fincas que cuentan con más nacientes de agua; sin embargo, en época de verano la disponibilidad de agua en fuentes de agua es poca, según la percepción del 62,00% de los productores.

Se concluye que en la cuenca del río La Villa existen tres tipos de fincas ganaderas doble propósito, con diferencias significativas en disponibilidad de infraestructura productiva y equipos, producción de leche y disponibilidad de alimentación y agua para el ganado durante la estación seca. La gestión del recurso hídrico y los indicadores de producción animal fueron mejores en las fincas ganaderas que cuentan con mayor innovación tecnológica.

Palabras claves: cuenca, finca, ganadería, innovación tecnológica, producción, tipología de fincas.

Article 1. Characterization of dual-purpose cattle farms located in La Villa watershed, Panama

Abstract

Different studies indicate that livestock systems dual purpose are very dynamic and variable, regardless of whether they are located in the same region or ecosystem. In the La Villa watershed, livestock dual purpose uses corresponding to 60% of the total territory of the area watershed. In order to know the different types of cattle farms located in the La Villa watershed, a characterization of cattle farms in which a database was used FONTAGRO project was conducted, the criteria used were: production, land uses, availability of infrastructure and equipment, herd feeding strategies and water availability in the farm. Cluster analysis and multivariate analysis of variance (MANOVA) were performed to classify the groups in order to identify the variables that influenced the separation of farm groups. Analysis of univariate variance (ANOVA) were performed on quantitative variables and correspondence analysis and contingency tables on qualitative variables. Three groups of farms ($P = 0.0001$) were identified: farms with high technological level (FNTA), farms with medium technology (FNTM) and farms with traditional or low technological level (FNTB). The FNTA group was characterized by a greater availability of infrastructure and equipment, based on improved pasture and feed supplements. They had an average milk production of 139.96 l milk/farm/day and 4.54 l milk/cow/day, 168.17 l milk/farm/day and 7.04 l milk/cow/day during dry and rainy season respectively. The FNTM were characterized by higher proportion of pasture cuts and improved pasture based feed, as well as milk productions on 41.24 l/farm/day and 2.88 l milk/cow/day, 77.68 l milk/farm/day and 5.08 L milk/cow/day during dry and rainy seasons respectively. The FNTB farms used as main power natural pastures and the average milk yield is 22.67 l milk/farm/day and 2.33 l milk/cow/day, 46.2 l milk/farm/day and 4.88 l milk/cow/day during dry and rainy season respectively. In the three groups of farms one milking was performed in both seasons, except 16.67 % (4 farmers) that did double milking in the FNTA group. The contribution by livestock to total farm income were for FNTB, 86.46 %; FNTA, 72.67 %; FNTM, 70.72 %. Finally, the group FNTA had more farms (79.17 %) with natural forests for the protection of water resources as well as increased water availability in the dry season perception of 54 % of farmers were found. The FNTM group had higher number of farms that had found more emergent water, however, in summer there were low water availability perception of 62.00 % of farmers were found. It is concluded that there are three types of dual purpose cattle farms in La Villa watershed, with significant differences in availability of productive infrastructure and equipment, milk production and availability of food and water for livestock during the dry season. The management of water resources and animal production indicators were better in the farms that have greater technological innovation.

Keywords: watershed, farm, technology innovation, production, types of farms

2.1. Introducción

El crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos, así como la transformación de las preferencias alimentarias, están estimulando un acelerado incremento de la demanda de productos pecuarios, se prevé que la producción mundial de carne se incrementará en más del doble en 2050 y que la producción de leche crecerá de 580 a 1 043 millones de toneladas, como consecuencia de estos cambios, el sector ganadero comienza a competir de una manera más directa e intensa por tierras, agua y otros recursos naturales escasos (Steinfeld *et al.* 2009). Según Bernués y Herrero (2008), la mayor demanda de productos ganaderos suponen cambios en los sistemas de producción, tales como la intensificación y desarrollo tecnológico.

En Panamá, el 60 % del territorio total de la cuenca río La Villa se destina a la ganadería (77391 ha); la ganadería ha sido una de las actividades de mayor importancia económica de la cuenca (Faustino *et al.* 2008) y se ha caracterizado por un manejo extensivo con sobrepastoreo (CATIE 2009). Por otro lado, en la cuenca se han evidenciado problemas de deforestación, según Faustino *et al.* (2008), en el 2000 se registró una pérdida de la cobertura vegetal de 6,765 ha.

Las tecnologías adoptadas en fincas ganaderas de Latinoamérica no muestran resultados de impactos en el largo plazo como medida de reducción a la deforestación e incremento en las área de pasturas (Kaimowitz y Angelsen 2008). Villanueva *et al.* (2008) señalan que la ganadería tradicional en muchos casos está relacionada con bajos índices de productividad, rentabilidad e impactos negativos para el ambiente. Velarde (2012), sostiene que la producción agropecuaria en la cuenca río La Villa presenta baja productividad y altos costos de producción.

Por otro lado, se pueden mencionar experiencias exitosas en ganadería doble propósito, Mcdermott *et al.* (2010) coincide con Milan *et al.* (2005), en que la intensificación tecnológica de las fincas ganaderas podrían contribuir a evitar daños irreversibles en el medio ambiente y aumentar la productividad. Yamamoto *et al.* (2007) indican que los sistemas silvopastoriles en especial pasturas con una densidad de árboles alrededor del 20% tiene efectos positivos en el incremento de producción de leche.

Suarez *et al.* (2011) reportan aumentos del 15,8% y reducción de costos en la producción de leche al utilizar bancos forrajeros, así mismo, Ríos *et al.* (2006), reportan beneficios hidrológicos en fincas ganaderas con sistemas silvopastoriles, y Cajas-Giron y Sinclair (2001) indican que los árboles en potreros pueden contribuir al mantenimiento de la productividad y la conservación de los recursos y la biodiversidad.

Urdaneta *et al.* (2010) concluyen que los sistemas ganaderos de doble propósito es una modalidad de producción muy adaptada a los trópicos; el cual ha contribuido de manera importante con el abastecimiento de leche y carne de la región y plantean que es necesario estudiar los factores que inciden en la productividad de dichos sistemas de producción.

En este sentido, es clave conocer los factores que inciden en la productividad. Para esto es necesario caracterizar y tipificar los sistemas ganaderos, esta herramienta tiene la finalidad agrupar productores con características técnico-productivas y socioeconómicas similares (García y Ramírez 2011).

El objetivo del presente estudio fue identificar los tipos de fincas ganaderas ubicadas en la cuenca río La Villa; para esto, se analizaron los tipos de tecnologías implementados en las fincas, que incluyen: disponibilidad de infraestructura y equipos, variables productivas (litros de leche/finca/día, litros de leche/vaca/día y número de ordeños), estrategias de alimentación del hato (proporción de pastos naturales y mejorados, bancos forrajeros, árboles en potrero y suplementación) y disponibilidad y protección de las fuentes de agua en las fincas.

Este estudio permitirá tener una clasificación y caracterización de las fincas ganaderas según el nivel tecnológico que presenten. Estos insumos, pueden ser utilizados en el futuro para gestionar estrategias que conduzcan al diseño de sistemas sostenibles de producción ganadera en la cuenca del río La Villa, Panamá.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. 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, cubre el 57,39% de la provincia de Herrera y 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).

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).

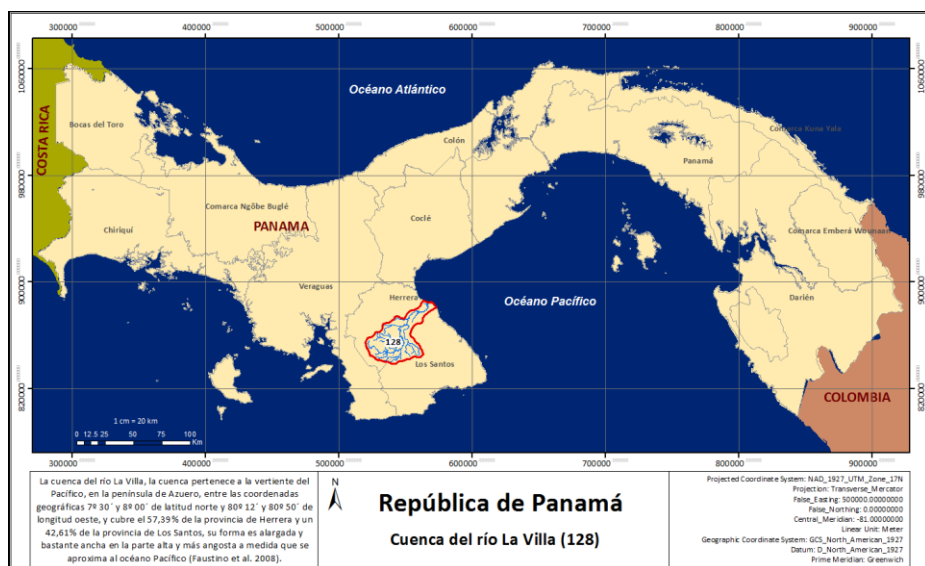


Figura 6. Macro localización de la cuenca del río La Villa.

Fuente: CATIE (2013)

2.2.2. Fase I: Selección de criterios y variables de clasificación

Se utilizó una base de datos generada por el proyecto FONTAGRO definida por el estudio de Velarde (2012) que contiene 211 fincas a partir de una población de 3116 productores ganaderos. Una primera revisión de la base de datos permitió seleccionar criterios y variables relacionados a las tecnologías implementadas en las fincas (Cuadro 1). Estos criterios y variables se definieron basados en los resultados de estudios realizados por Ríos *et al.* (2012) y Guerra y González (1998).

Cuadro 1. Parámetros preliminares propuestos para clasificar las fincas ganaderas.

| Criterios | Variables |
|---------------------------------|--|
| Características del productor | Edad, capacitación en ganadería, experiencia en la actividad ganadera y domicilio. |
| Dimensiones de la finca | Superficie total, tamaño del hato, producción diaria de leche, número de vacas totales, número de vacas en ordeño, superficie destinada a ganadería. |
| Manejo técnico | Número de ordeños al día, producción por vaca al día, porcentaje de vacas en producción, carga animal utilizada y usos de tierra. |
| Equipamiento | Disponibilidad de maquinaria y equipos |
| Instalaciones e infraestructura | Existencia de galeras o establos |
| Características del hato | Raza y propósito del hato |

Posteriormente, se incorporaron recomendaciones técnicas y metodológicas sugeridas por el equipo técnico del IDIAP; finalmente, se definieron los criterios y variables que fueron utilizados en la clasificación de las fincas ganaderas en función del nivel tecnológico (cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros utilizados en la clasificación de las fincas ganaderas según el nivel tecnológico de las fincas.

| Criterios | Variables |
|------------------------------------|---|
| Producción | Número de ordeños al día en verano e invierno |
| | Producción de leche/vaca/día en verano e invierno |
| | Producción de leche/finca/día/ en verano e invierno |
| | Usos de árboles en potrero |
| | Porcentaje de ingresos por la ganadería de los ingresos totales de la finca |
| Usos de la tierra | Porcentaje de pastos mejorados |
| | Porcentaje de pastos naturales |
| | Porcentaje de bancos forrajeros (leñosas y gramíneas) |
| Infraestructura y equipos | Disponibilidad de galeras para ordeño y suplementos |
| | Disponibilidad de comederos, bebederos y saleros |
| | Vehículos para trabajo |
| | Disponibilidad de bodegas |
| | Ordeñadora mecánica |
| | Tractor agrícola |
| | Equipo de riego y bomba de agua |
| | Bomba de mochila |
| | Motobomba |
| Picadora de pasto | |
| Suplementación alimenticia | Suplementos (gallinaza, melaza, melaza y gallinaza, maíz, sorgo forrajero, pacas y silos) |
| | Ningún suplemento |
| Disponibilidad de agua en la finca | Disponibilidad de agua en verano |
| | Disponibilidad de agua en invierno |
| | Presencia de nacientes de agua |
| | Actividades de protección en las fuentes de agua (Bosque natural, reforestación, ninguna actividad) |

2.2.3. FASE II, Análisis de la información:

Una vez definidos los criterios y variables de clasificación, se aplicaron análisis de conglomerados con el método de Ward y una distancia de Gower (debido a la existencia de variables cualitativas y cuantitativas), con base en revisión de literatura y criterios técnicos sugeridos por IDIAP se solicitaron a priori tres grupos de productores ganaderos. Posteriormente, se realizaron análisis de varianzas multivariados (MANOVA) y pruebas de comparación de medias de Hotelling para explicar las diferencias entre grupo de fincas.

Se practicaron análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias de Duncan con la finalidad de identificar las variables cuantitativas discriminantes en la separación de grupos. En el caso de los variables litros de leche/finca/día y litros de leche/vaca/día fueron transformadas con base a logaritmo natural (para lograr una distribución normal y homogeneidad de varianza en los valores de las variables). Con respecto a las variables cualitativas, se utilizaron tablas de contingencias y análisis de correspondencia para identificar a que grupo de fincas eran más a fin dichas variables.

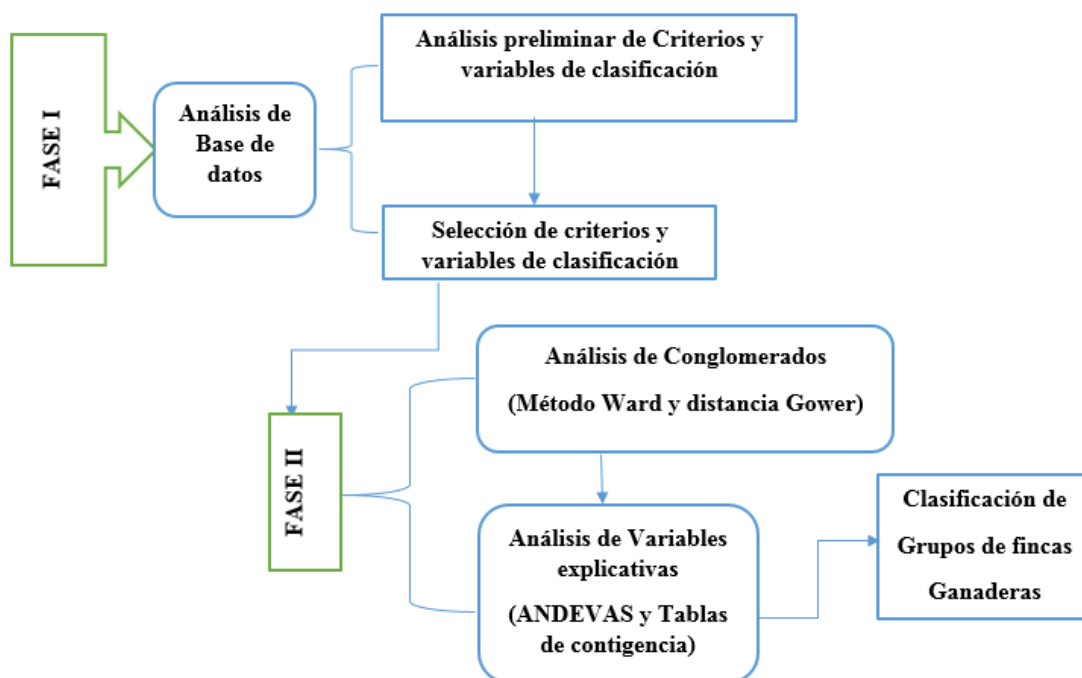


Figura 7. Esquema metodológico referente al análisis de información y clasificación de las fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá.

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Tipificación de fincas ganaderas

Los tres grupos de fincas ganaderas identificados fueron: fincas con nivel tecnológico alto (FNTA); fincas con nivel tecnológico medio (FNTM); y fincas con nivel tecnológico bajo o tradicionales (FNTB), los cuales se representan en la figura 8. El número de fincas según el orden de las tipologías fue de 24, 76 y 111 fincas, respectivamente.

Esta clasificación, se aproxima a los grupos de fincas identificados por Hassán (2011), quien reportó dos grupos de fincas ganaderas doble propósito para la misma zona de estudio. Fincas con manejo tradicional (FMT) y fincas con manejo mejorado (FMM), es importante destacar que para el presente trabajo se incorporaron nuevos parámetros de clasificación tales como: disponibilidad de infraestructura, equipos y herramientas, disponibilidad de nacientes de agua en las fincas y actividades de reforestación en las fuentes de agua. Estos parámetros tuvieron significancia estadísticas en la separación de los grupos de fincas y probablemente expliquen la identificación de un tercer grupo a diferencia del estudio de Hassán (2011).

Estos resultados, también se aproximan a lo reportado por Guerra y González (1998), quienes identificaron cuatro grupos de fincas ganaderas para sistemas doble propósito (DP) en la zona de Chiriquí – Panamá (grupo I, II, III y IV). De esta forma, el grupo FNAT es parecido a las fincas de los grupos II y III, ya que en estas fincas se utilizan más suplementos. Así mismo, las fincas FNTB son similares a las del grupo I; en ambos casos, la alimentación del hato se basa en pastos naturales y pocos suplementos.

El número de grupo de fincas encontradas para la zona de Chiriquí fue mayor a lo reportado para el presente estudio, esto puede deberse a que en dicho estudio se incluyen las variables acceso a créditos y grado de leche producido. Por otro lado, no consideran la disponibilidad de infraestructura, equipos, herramientas y el componente hídrico, que fueron variables de pesos en la presente clasificación. También se debe tener presente que los sistemas doble propósito son muy variables y dinámicos en aspectos como ingresos, fertilización de pasturas mejoradas, estructura y suplementación del hato; a pesar que estén ubicadas en la misma región y ecosistema (Guerra y González 1998).

Chalate-Molina *et al.* (2010), reportaron resultados similares al presente estudio. Ganaderos empresariales, Sistema ganadero familiar agropecuario y sistemas ganadero de ahorro familiar; similares a los grupos de fincas FNTA, FNTM y FNTB, respectivamente. Otros trabajos realizados con fines de clasificar fincas ganaderas DP en ambientes tropicales, similares al presente estudio son: Alvarado (2005), Colón, Honduras; Vilaboa y Díaz (2009), Veracruz, México; Vargas *et al.* (2011) en Cotopaxi, Ecuador.

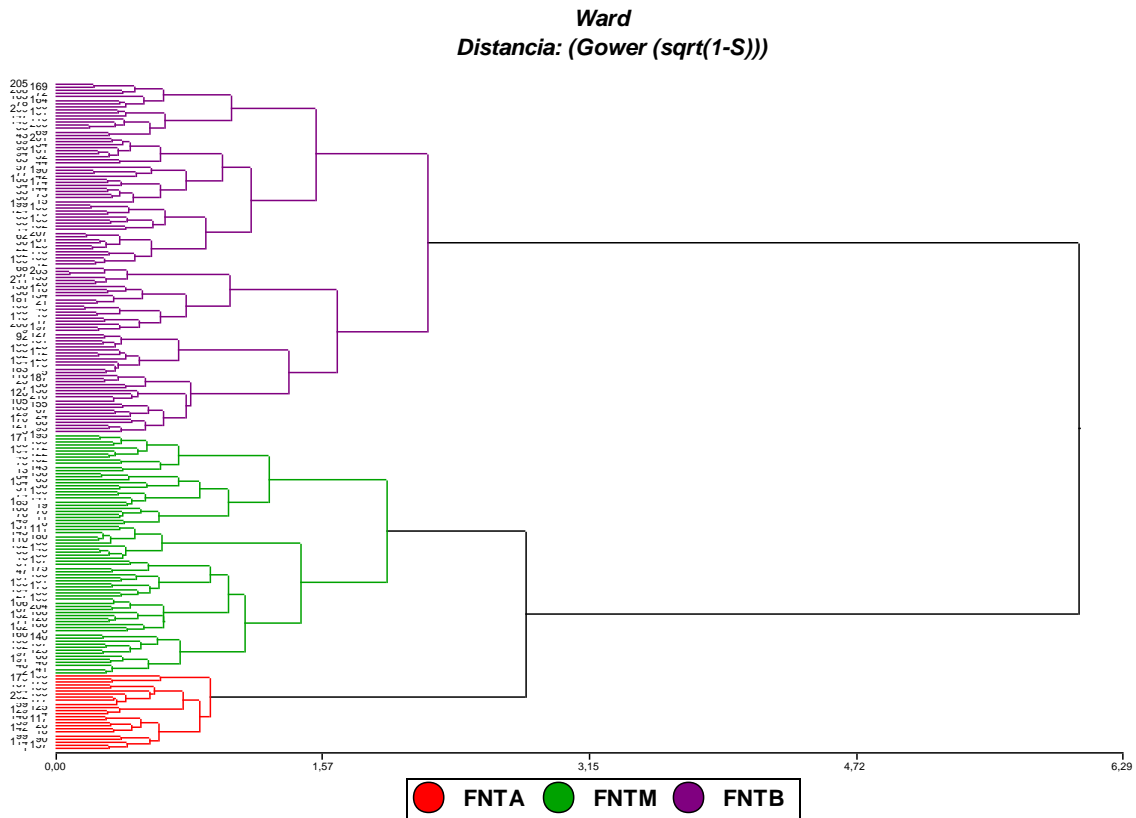


Figura 8. Dendrograma de clasificación según nivel tecnológico de 211 fincas ganaderas doble propósito ubicadas en la cuenca río La Villa, Panamá. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.

2.3.2. Caracterización de las tipologías de fincas

Del análisis de tablas de contingencia (cuadros; 3, 4, 5, y 7) y correspondencia (figura 9), realizado en las variables cualitativas y del ANOVA para las variables cuantitativas (cuadro 6), se extraen las características que influyeron en la separación de las tres tipologías de fincas.

En el cuadro 3, se visualiza que el grupo FNTA mostró mayor disponibilidad de infraestructura y equipos comprado con FNTM y FNTB. Cuentan con 45,83, 41,67, 95,83, 91,67 y 100% de fincas que disponen de ordeñadoras mecánicas, tractor agrícola, galeras para suplementos y ordeños, equipos de riego y bombas de agua, motobombas y picadoras de pasto; respectivamente. Asimismo, los resultados del análisis de correspondencia presentado en la figura 9 evidencian que las fincas del grupo FNTA se asocian a mayor disponibilidad de equipos y mejor infraestructura productiva en relación con FNTB y FNTM.

Cuadro 3. Frecuencias absolutas y resultados del análisis de tablas de contingencia en la disponibilidad de infraestructura y equipos por grupos de fincas.

| VARIABLES | | F absoluta | FNTA | FNTM | FNTB | F | P |
|-------------------------|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| Galera para ordeño | No | 47,87 | 4,17 | 36,84 | 64,86 | 39,86 | 0,0001 |
| | Si | 52,13 | 95,83 | 63,16 | 35,14 | | |
| Galera para suplementar | No | 78,67 | 16,67 | 78,95 | 91,89 | 56,38 | 0,0001 |
| | Si | 21,33 | 83,33 | 21,05 | 8,11 | | |
| Comederos | No | 40,76 | 0 | 26,32 | 59,46 | 47,77 | 0,0001 |
| | Si | 59,24 | 100 | 73,68 | 40,54 | | |
| Bebederos | No | 57,82 | 8,33 | 42,11 | 79,28 | 56,83 | 0,0001 |
| | Si | 42,18 | 91,67 | 57,89 | 20,72 | | |
| Saleros | No | 13,74 | 0 | 5,26 | 22,52 | 19,16 | 0,0001 |
| | Si | 86,26 | 100 | 94,74 | 77,48 | | |
| Bodegas | No | 56,87 | 16,67 | 31,58 | 82,88 | 70,47 | 0,0001 |
| | Si | 43,13 | 83,33 | 70,27 | 17,12 | | |
| Vehículo para trabajo | No | 45,02 | 0 | 29,73 | 65,77 | 56,31 | 0,0001 |
| | Si | 37,42 | 100 | 71,05 | 34,23 | | |
| Ordeñadora mecánica | No | 91,94 | 54,17 | 94,74 | 98,2 | 33,75 | 0,0001 |
| | Si | 8,06 | 45,83 | 5,26 | 1,8 | | |
| Tractor agrícola | No | 91,94 | 58,33 | 94,74 | 97,3 | 26,7 | 0,0001 |
| | Si | 8,06 | 41,67 | 5,26 | 2,7 | | |
| Bomba de agua- riego | No | 70,62 | 4,17 | 63,16 | 90,09 | 75,47 | 0,0001 |
| | Si | 29,38 | 95,83 | 36,84 | 9,91 | | |
| Equipo de riego | No | 77,25 | 8,33 | 75 | 93,69 | 74,8 | 0,0001 |
| | Si | 22,75 | 91,67 | 25 | 6,31 | | |
| Motobomba | No | 47,87 | 0 | 28,95 | 71,17 | 67,33 | 0,0001 |
| | Si | 52,13 | 100 | 71,05 | 28,83 | | |
| Picadora de pasto | No | 63,51 | 4,17 | 48,68 | 86,49 | 75,38 | 0,0001 |
| | Si | 36,49 | 95,83 | 51,32 | 13,51 | | |

No= ausencia del tipo de infraestructura o equipo en las fincas

Si = presencia del tipo de infraestructura o equipo en las fincas

Prueba de bondad G de ajuste $P < 0,05$

La tendencia observada en el cuadro 3 puede tener relación con mayor volumen de leche producido en las fincas del grupo FNTA, lo cual permite incrementar la capacidad económica de los ganaderos y por ende aumentar las posibilidades para invertir en mejoras tecnológicas. Ya que la disponibilidad del capital económico y el acceso a financiamiento son factores claves en la adopción de nuevas tecnologías en fincas ganaderas (Alonzo *et al.* 2001).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Chalate-Molina *et al.* (2010), es decir, FNTA y el grupo de ganaderos empresariales tienen mejor infraestructura y equipos con respecto a FNTM, FNTB y a los grupos de ganaderos familiar agropecuario y de ahorro familiar. Así mismo, estos resultados son semejantes a lo encontrado por Velasco *et al.* (2009), quienes identificaron tres grupos de ganaderos doble propósito con diferencias estadísticas en cuanto a disponibilidad de tecnologías; pero son opuestos a los resultados reportado por Vilaboa y Díaz (2009), quienes identificaron tres grupos de fincas ganaderas homogéneas en relación con disponibilidad de tecnologías.

Con respecto al manejo de alimentación del hato, el grupo FNTM utiliza un mayor nivel de suplemento gallinaza con el 17,11% de los productores. Otra fuente de alimentación es maíz y sorgo forrajero, utilizado por el 25; 8,11 y 2,63% de las fincas de los grupos FNTA, FNTB y FNTM respectivamente. El uso de suplementos corresponde al 75; 46,05 y 27,03% de los productores en tipologías FNTA, FNTM y FNTB respectivamente (cuadro 4).

Por otro lado, las fincas de tipología FNTA poseen más pastos mejorados con el 87,50% de los productores. En cambio, FNTM y FNTB poseen más fincas con pasturas naturales, lo cual corresponde al 73,68 y 62,16% de los productores. Así mismo el grupo FNTM posee mayor proporción de pastos de corte con 51,32% de las fincas. En la figura 9, se logra visualizar que las fincas del grupo FNTB se asocian a disponibilidad de pasturas naturales, esta característica lo separa claramente de los grupos de fincas FNTA y FNTM que se asocian a pasturas mejoradas.

En la figura 9, también se observa que FNTM está más asociado a la disponibilidad de nacientes de agua comparado con FNTA y FNTB. Esta característica puede deberse a la actividades de conservación de fuentes de agua promovidas por los productores en sus fincas, entre las cuales se destacan la reforestación (23,68%) y cobertura boscosa (57,89%).

Cuadro 4. Frecuencias absolutas (porcentajes) y resultados del análisis de tablas de contingencia para los tipos de alimentos ofrecido al hato por grupos de fincas.

| Variable | | Frecuencia | FNTA | FNTM | FNTB | Valor F | P |
|-----------------------|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------|
| Pasto mejorado | No | 39,52 | 12,5 | 26,32 | 54,05 | 24 | 0,0001 |
| | Si | 62,14 | 87,5 | 73,68 | 45,95 | | |
| Pasto natural | No | 36,97 | 66,67 | 26,32 | 37,84 | 12,6 | 0,0016 |
| | Si | 63,03 | 33,33 | 73,68 | 62,16 | | |
| Pasto de corte | No | 61,61 | 58,33 | 48,68 | 71,17 | 9,78 | 0,0075 |
| | Si | 38,39 | 41,67 | 51,32 | 28,83 | | |
| Suplemento gallinaza | No | 91,94 | 91,67 | 82,89 | 98,2 | 14,88 | 0,0006 |
| | Si | 8,06 | 8,33 | 17,11 | 1,8 | | |
| Maíz, sorgo forrajero | No | 91,94 | 75 | 97,37 | 91,89 | 10,27 | 0,0059 |
| | Si | 8,06 | 25 | 2,63 | 8,11 | | |
| Ningún suplemento | No | 39,34 | 75 | 46,05 | 27,03 | 21,42 | 0,0001 |
| | Si | 60,66 | 25 | 53,95 | 72,97 | | |

No=ausencia del tipo de alimento en la finca

Si=presencia del tipo de alimento en la finca

Prueba de bondad G de ajuste $P < 0,05$

En escenario de posible intensificación ganadera en fincas , esta cobertura boscosa podría disminuir; Villacis *et al.* (2003) encontraron relaciones negativas entre estos componentes. pero en oposición, existen alternativas de intensificación como el caso de los sistemas silvopastoriles; en los cuales se combinan árboles y arbustos con el componente forraje y animal (Pezo y Ibrahim 1998). Estos sistemas producen beneficios hidrológicos al favorecer la recarga hídrica. (Ríos *et al.* 2006).

La disponibilidad de agua en las fincas durante época seca es poca, según percepción de los productores, lo cual puede deberse a que en época seca, entre el 60 a 70 % de las fuentes de agua utilizadas para el consumo del ganado corresponden a quebradas (Velarde 2012), las cuales pierden la capacidad de producir agua (Faustino *et al.* 2008). Este resultado concuerda con el estudio realizado por Chalate-Molina *et al.* (2010), quienes reportan que la falta de agua en las fincas es una de las principales amenazas de la ganadería doble propósito.

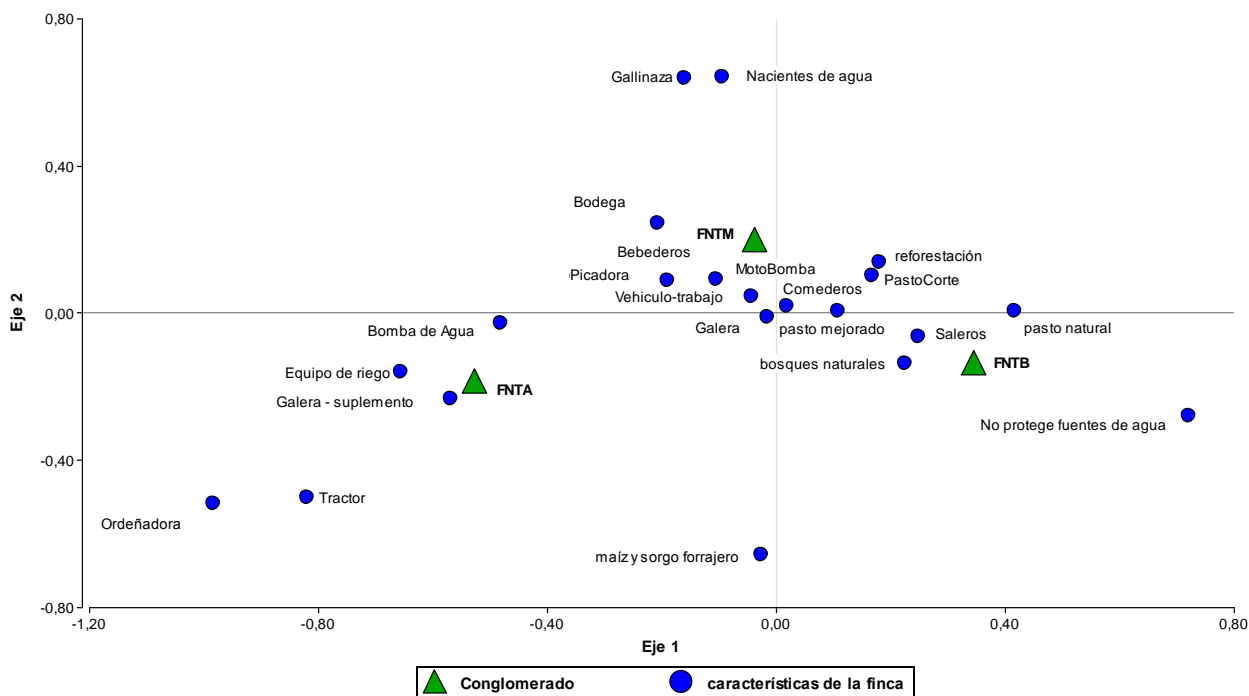


Figura 9. Gráfico resultante del análisis de correspondencia entre las características de las fincas y la asociación a los grupos identificados. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.

Por otra parte, los ganaderos de la cuenca del río La Villa son afectados por el cambio¹ y variabilidad climática², lo cual se refleja en sequías y distribución irregular de las precipitaciones que provocan pérdida de peso de los animales, baja producción de leche y baja disponibilidad de pastos (Velarde 2012). Al tomar en consideración que los productores perciben poca disponibilidad de fuentes de agua para el ganado durante época seca; la vulnerabilidad de las actividades ganaderas en relación con los cambios del clima puede ser más grave si no se adoptan alternativas tecnológicas que permitan un buen uso y gestión del agua en las fincas ganaderas.

A pesar que existen pocos estudios sobre el manejo del agua en calidad y cantidad en fincas ganaderas, es indiscutible la importancia del recurso hídrico en la producción y productividad del hato. Según Chávez y Morales (2003), los planes de mejoramiento genético, pastizales, suplementación y reproducción en fincas ganaderas dependen fundamentalmente de la disponibilidad de agua en los puntos requeridos.

¹ Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persisten durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos (IPCC 2007).

² variabilidad climática denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales (IPCC 2007).

Cuadro 5. Frecuencias absolutas y resultados de tablas de contingencia en la disponibilidad, tipos de fuentes y prácticas de protección del recurso hídrico por grupos de fincas.

| Variables | | F absoluta | FNTA | FNTM | FNTB | Valor F | P |
|--|---------------|------------|-------|-------|-------|---------|--------|
| Nacientes de agua en finca | No | 90,05 | 91,67 | 78,95 | 97,3 | 17,17 | 0,0002 |
| | Si | 9,95 | 8,33 | 21,05 | 2,7 | | |
| Actividades conservación fuentes de agua | Bn | 57,82 | 79,17 | 57,89 | 53,15 | 16,54 | 0,0024 |
| | No realizan | 25,12 | 4,17 | 18,42 | 34,23 | | |
| | Reforestación | 17,06 | 16,67 | 23,68 | 12,61 | | |
| Disponibilidad de ríos y quebradas | No | 9,48 | 8,33 | 11,84 | 8,11 | 0,75 | 0,6858 |
| | Si | 90,52 | 91,67 | 88,16 | 91,89 | | |
| Disponibilidad de agua en verano | Abundante | 4,74 | 12,5 | 3,95 | 3,6 | 5,46 | 0,4859 |
| | Moderada | 37,91 | 41,67 | 32,89 | 40,54 | | |
| | Poca | 55,45 | 41,67 | 61,84 | 54,05 | | |
| | Nada | 1,9 | 4,35 | 1,32 | 1,8 | | |

No= ausencia de la fuente de agua en la finca; Si= presencia de la fuente de agua en la finca; BN= presencia de bosque natural en la finca; Prueba de bondad G de ajuste $P < 0,05$; FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo.

Con respecto a la producción de leche, hubo diferencia estadística significativa entre tipologías de fincas ($p=0,0001$; cuadro 6). El grupo FNTA presenta mayor producción de leche durante época seca y lluviosa con 139,96 y 168,17 l/finca/día; 4,54 y 7,04 l/vaca/día para época seca y lluviosa respectivamente.

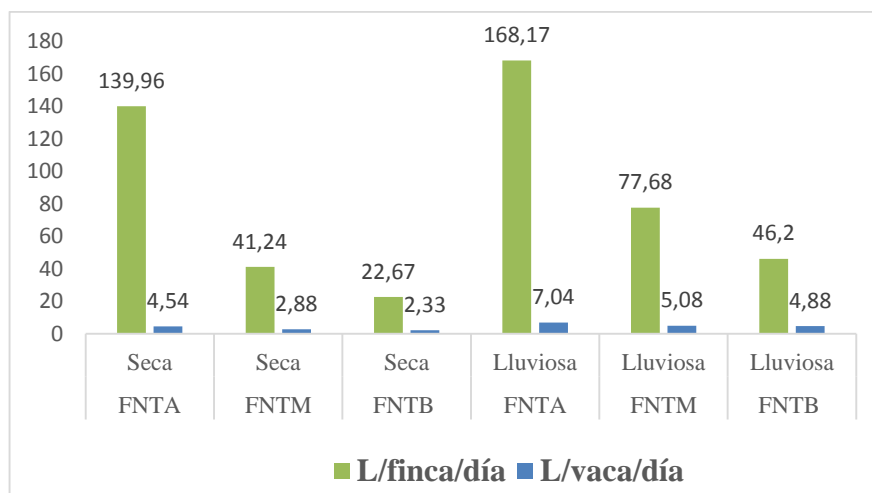


Figura 10. Producción promedio de leche en función de la época del año según tipología de fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá.

La tendencia observada en la figura 10 puede estar relacionado con un mejor manejo de la alimentación del hato; pues el mayor volumen de producción de leche correspondió a los grupos FNTA y FNTM los cuales utilizaron sorgo y maíz forrajero, pastos mejorados y ensilajes en la alimentación de los animales y paralelo una buena disponibilidad de agua.

Cuadro 6. Análisis de varianza para las características cuantitativas de los grupos de fincas.

| GRUPO | PLL (l/finca/día) | IGTH (%) | PLS (l/vaca/día) | PLL(l/vaca/día) |
|--------------|----------------------|-------------|---------------------|-----------------|
| FNTA | 168,17 A | 72,67 B | 4,54 A | 7,04 A |
| FNTM | 77,68 B | 70,72 B | 2,88 B | 5,08 B |
| FNTB | 46,2 C | 86,46 A | 2,33 C | 4,88 B |

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de LSD de Fisher ($p < 0,05$); **PLS**=producción de leche en época seca; **PLL**=producción de leche en época de lluvia; **IGTF**= porcentaje que representan el ingreso por ganadería de los ingresos totales de la finca.

Al tomar en cuenta la capacidad de las fincas ganaderas para enfrentar la variabilidad climática, se btuvo que las fincas FNTA presentan mejores condiciones durante época de sequía (cuadro 7), ya que la variación de la producción de leche entre época seca y lluviosa fue menor (36%) en relación con las fincas FNTM y FNTB (43 y 52% respectivamente).

Este comportamiento probablemente se debe a que fincas del grupo FNTA han incorporado mejoras tecnológicas que les permite disponer de buena alimentación y agua para el ganado durante la época de sequía y por tanto, logran aminorar las pérdidas en la producción de leche. Por lo anterior, el mejoramiento tecnológico es fundamental para diseñar fincas ganaderas con mejores condiciones productivas ante el cambio climático. En este sentido, existe un reto importante en reducir esa variación entre épocas, ya que lo ideal sería mantener una producción de leche estable a lo largo del año.

Cuadro 7. Variación de la producción de leche según tipología de finca en función de la época del año.

| Tipología | Época seca | Época lluviosa | Dif (%) |
|------------------|---------------|-------------------|------------|
| FNTA | 4.54 | 7.04 | -0.36 |
| FNTM | 2.88 | 5.08 | -0.43 |
| FNTB | 2.33 | 4.88 | -0.52 |

El porcentaje que representan los ingresos por ganadería de los ingresos totales de las fincas (IGTH) corresponden a 72,67 % en FNTA y 70,72% en FNTM, ambos se ubican en una misma categoría estadística (B), diferenciándose del grupo FNTB cuyo ingreso es de 86,46%. Esta tendencia puede deberse a que las fincas FNTA y FNTM perciben mayor aporte económico de fuentes externas, lo cual permite que disminuya el aporte de la ganadería a los ingresos totales de la finca. En estudios realizados por Velarde (2012), se encontró que las principales fuentes de ingresos externos en las fincas ganadera de la cuenca del río La Villa son: rentas de maquinaria, comercio, actividades empresariales, remesas y empleos público.

Con el indicador IGTF no se logra analizar el beneficio neto obtenido de las actividades ganaderas; ya que no hace referencia a la relación ingresos y costos de producción. En estudios realizados por Velasco *et al.* (2009) en Maracaibo, Venezuela, se evidencia que en aspectos de ganancia neta en fincas ganaderas, cuanto mejor nivel tecnológico presente la finca, mayor es la utilidad neta percibida. No obstante, el IGTH podría ser un indicador para que decisores y productores diseñen y promuevan innovaciones tecnológicas en fincas ganaderas para una mayor adopción al cambio y variabilidad climática ya que entre mayor IGTH, mayor probabilidad de adaptación muestran los productores a estos cambios (Velarde 2012).

En cuadro 8 se visualiza el número de ordeños practicados, en las fincas se realiza un ordeño durante época seca: 86,84; 72,97 y 70,83% en FNTM, FNTB y FNTA, respectivamente. Durante época lluviosa se realiza un ordeño en 100% de fincas FNTM y FNTB. En cambio en FNTA un 16,67% realizan doble ordeño durante el año. Por otro lado, existen fincas que no ordeñan en la época seca que son el 27,03; 13,16 y 12,50% de los grupos FNTB, FNTM y FNAT, respectivamente.

Cuadro 8. Frecuencias absolutas y resultados del análisis de tablas de contingencia para el número de ordeños practicados según época del año por grupos de fincas.

| Variables | Frecuencia | Grupos | | | Chi Cuadrado | | |
|-----------------------------|------------|--------|-------|-------|--------------|-------|--------|
| | | FNTA | FNTM | FNTB | Valor F | P | |
| Ordeños por día en verano | 0 | 20,38 | 12,5 | 13,16 | 27,03 | 23,91 | 0,0001 |
| | 1 | 77,73 | 70,83 | 86,84 | 72,97 | | |
| | 2 | 1,9 | 16,67 | 0 | 0 | | |
| Ordeños por día en invierno | 1 | 98,1 | 83,33 | 100 | 100 | 18,02 | 0,0001 |
| | 2 | 1,9 | 16,67 | 0 | 0 | | |

0= fincas que no realizan ordeño; 1= fincas que realizan un ordeño; 2= fincas que realizan doble ordeño. Prueba de bondad G de ajuste P <0,05.

El indicador de producción (l/vaca/día) encontrado en este estudio (cuadro 6) es semejante a lo reportados por Alvarado (2005); en dicho estudio también se encontró una relación positiva entre intensificación ganadera en fincas y mayor producción (l/vaca/día). Para el presente trabajo, se podría asociar mayor producción (l/vaca/día) con mayor disponibilidad de tecnologías (equipos e infraestructura, estrategia de alimentación y sanidad del hato), ya que al comparar el indicador de producción en los tres grupos, fueron superiores los de mayores tecnologías.

Guerrero y Herrera (2006) señalan para esta misma de zona de estudio que los bancos energéticos de sorgo forrajero han sido una fuente de alimentación de la ganadería doble propósito; con lo cual se ha mantenido la productividad aún en época crítica. Lo contrario ocurre en condiciones de poca alimentación del hato, según Vargas *et al.* (2011), los rendimientos en la productividad animal disminuyen al ofrecer una alimentación deficitaria. Así mismo, Ortega *et al.* (2007), concluyen que la eficiencia de producción en hatos de doble propósito, está influenciada por la alimentación.

Estudio realizado por Suarez *et al.* (2011) reflejaron que la mayor disponibilidad de forraje contribuyen a una mayor productividad animal (l/vaca/día), en este sentido indican que los sistemas silvopastoriles como bancos forrajero de *Cratylia argentea* y *Gliricidia sepium* podrían ser una opción para evitar las pérdidas de productividad en la ganadería doble propósito debido a la falta de forraje en la época seca.

2.4. Conclusiones

Las fincas ganaderas doble propósito ubicado en la cuenca río La Villa se clasifican en tres tipologías, fincas con nivel tecnológico alto (FNTA), fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y fincas con nivel tecnológico bajo (FNTB). Los grupos de fincas FNTA y FNTM poseen mejor infraestructura productiva y disponibilidad de equipos, la estrategia de alimentación del hato se basa en pastos mejorados y suplementos (bancos forrajeros, gallinaza, pacas, silos y melazas) y cuentan con buena disponibilidad de agua para el ganado según percepción de los productores. Mientras el grupo FNTB dispone de pocas instalaciones productivas y equipos, la estrategia de alimentación del hato son las pasturas naturales y tienen poca disponibilidad de agua según percepción de los ganaderos.

Fincas con mejor infraestructura productiva, buena disponibilidad de agua y alimentación para el ganado durante la época de sequía, obtuvieron una producción de leche 83,69% mayor que en aquellas fincas que manejan el ganado de forma tradicional durante época seca (4,54 vs 2,33 l/vaca/día). Además, las fincas con mejor tecnología implementan actividades de protección en las fuentes de agua (57,89 y 23,68% con cobertura boscosa y reforestación, respectivamente). En este sentido, la innovación tecnológica contribuye a mejorar los indicadores de producción animal y a la vez proteger el recurso hídrico de las fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa.

La actividad ganadera contribuye con más del 70% de los ingresos totales de las fincas, siendo más destacado en el grupo de FNTB (86%). Por lo tanto, la innovación tecnológica es necesario para el desarrollo de sistemas sostenibles de producción ganadera que mejoren los medios de vida de las familias ganaderas.

El análisis de tabla de contingencia, mostró que hay fincas que disponen de agua suficiente para el ganado durante la época de sequía; sin embargo, un 55% del total de fincas presentan baja disponibilidad de agua según percepción de los productores. Lo cual indica que una alternativa para enfocar las mejoras tecnológicas en los sistemas ganaderos ubicados en la cuenca del río La Villa, puede ser mejorar los indicadores productivos y rentabilidad y paralelo hacer buena gestión del recurso hídrico (conservación, restauración, protección y accesibilidad de las fuentes de agua).

2.5. Literatura citada

- Alvarado, E. 2005. Modelo de optimización económica para el análisis y la simulación de la innovación tecnológica en sistemas de producción de ganado de doble propósito de la región nororiental de honduras. Tesis Mag. Sc.Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47 - 67 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2009. Informe de monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas de Panamá. Panamá. 315 p.
- Alonzo, Y; Ibrahim, M; Gómez, M. 2001. Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. Revista Agroforestería en las Américas 8 (30): 25 – 27 p.
- Bernués, A; Herrero, M. 2008. Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz, Bolivia. Zaragoza, Spain. 279 p.
- Cajas-Giron, YS; Sinclair, FL. 2001. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. Sistemas de Producción, Montería A.A. 602, Colombia. 215 p.
- CATIE (Centro Agonomico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2009. Manejo integral de la cuenca del río La Villa. Panamá. 253 p.
- Chalate-Molina, H; Gallardo-López, F; Pérez-Hernández, P; Paul Lang-Ovalle, F; Ortega-Jiménez, E; Vilaboa Arroniz, J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito. Santiago Ixcuintla Nayarit, México. p. 329 - 339.
- 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. CTIE. p. 220 - 223.
- García, I; Ramírez, L. 2011. Tipificación de sistemas de producción ganadera del Municipio de Bolívar, Valle del Cauca, Colombia. p 107.
- Guerra, P; González, A. 1998. Tipificación de fincas doble propósito en la provincia de Chiriquí, Panamá. Ciencia Agropecuari 9:153 - 186.
- Guerrero, B; Herrera, D. 2006. Manejo del cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* L.).Panamá. 1 p.
- 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.
- IPCC. 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. I. Ginebra, Suiza, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group II,).p. 77- 89.
- Kaimowitz, D; Angelsen, A. 2008. Will Livestock Intensification Help Save Latin America's Tropical Forests. Journal of Sustainable Forestry 27(1-2):6-24.

- McDermott, JJ; Staal, SJ; Freeman, HA; Herrero, M; Van de Steeg, JA. 2010. Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics. *Livestock Science* 130(1-3):95-109.
- Milan, M; Bartolome, J; García-Cachán, M; Sánchez, J; Espejo, M; Herraiz, P; Quintanilla, R; Piedrafita, J. 2005. Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livestock Science* 96: 197-209.
- Ortega, L; Ward, R; Andrew, C. 2007. Technical efficiency of the dual-purpose cattle system in Venezuela. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 732 p.
- 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 Agroflorestales para producción Pecuária Sustentável. Turrialba, Costa Rica. p. 1-5.
- Rojo-Rubio, R; Vázquez-Armijo, JF; Pérez-Hernández, P; Mendoza-Martínez, GD; Salem, AZM; Albarrán-Portillo, B; González-Reyna, A; Hernández-Martínez, J; Rebollar, S; Cardoso-Jiménez, D; Dorantes-Coronado, EJ; Gutierrez, JG. 2008. Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 41(5):715-721.
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado. Roma, Italia. p 21.
- Suarez, JC; Ibrahim, M; Villanueva, C; Sepúlveda, C. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. Informe técnico 387. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 121p.
- Urdaneta, F; Peña, M; González, B; Casanova, A; Cañas, J; Dios-Palomares, R. 2010. Technical Efficiency in Dual Purpose Cattle Systems in the Basin of Maracaibos Lake. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. p 649.
- Vargas, J; Benítez, D; Torres, V; Velázquez, F; Erazo, O. 2011. Tipificación de las fincas ganaderas en el piedemonte de las provincias Los Ríos y Cotopaxi de la República del Ecuador. Quevedo, Ecuador. 385 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. 385 p.
- Vilaboa, J; Díaz, P. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. Veracruz, México. p. 427 - 436.
- Villacis, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (40): 1 – 7.

- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F; Ríos, N; Sepúlveda, C. 2008. Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. Turrialba, Costa Rica. 106 p.
- Yamamoto, W; Dewi, I; Ibrahim, M. 2007. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems* 94(2):368-375.

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).

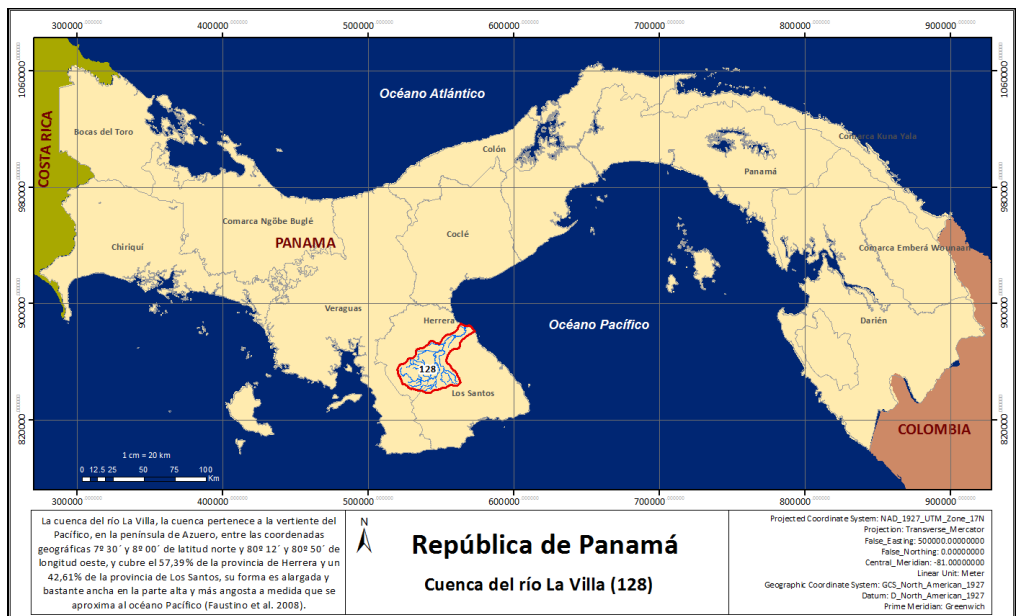


Figura 11. Macro localización geográfica de la cuenca del río La Villa.

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 horras³, 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 |
| Total | 113,32 | 53,81 | 67,86 | 103,11 | 55,34 | 44,14 |

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).

³ 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.

Concentrados⁴: 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

⁴ 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 |
| FNTA | 30,69 | 8,44 | 24,76 | 5,57 |
| FNTM | 39,96 | 9,03 | 22,23 | 7,21 |
| FNTB | 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.

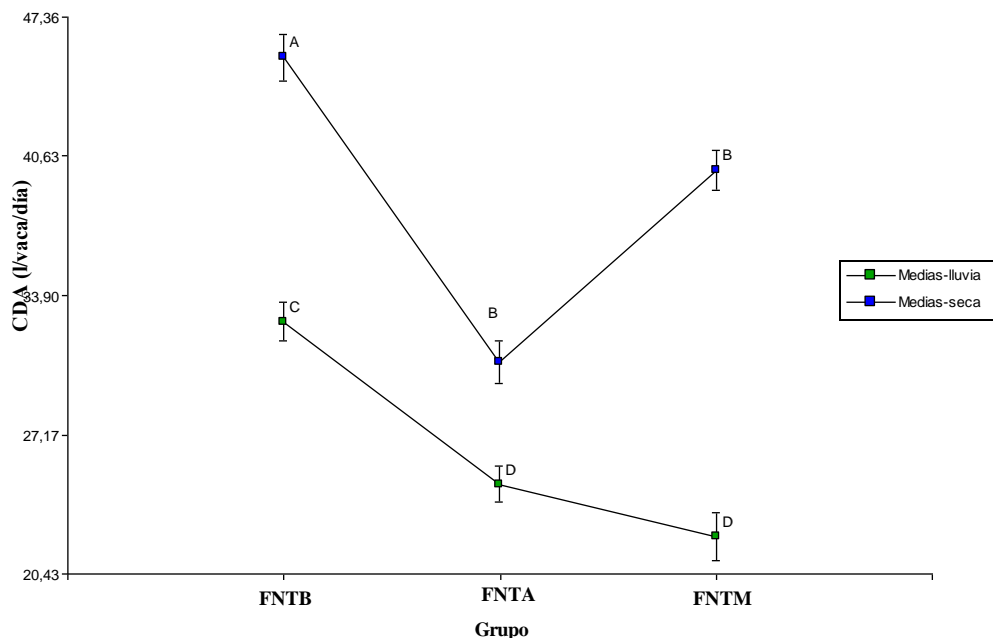


Figura 12. Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para el consumo directo de agua (CDA). FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

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.

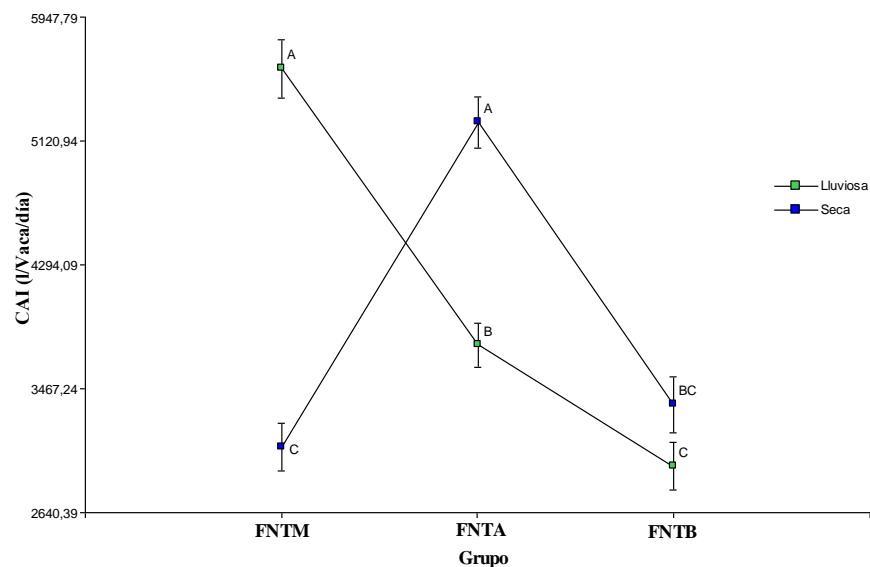


Figura 13. Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para el consumo indirecto de agua (1 agua/vaca/día). FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

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.

| Grupo | UdA (l/vaca/día) | UdA (l/finca/día) |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|
| 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.

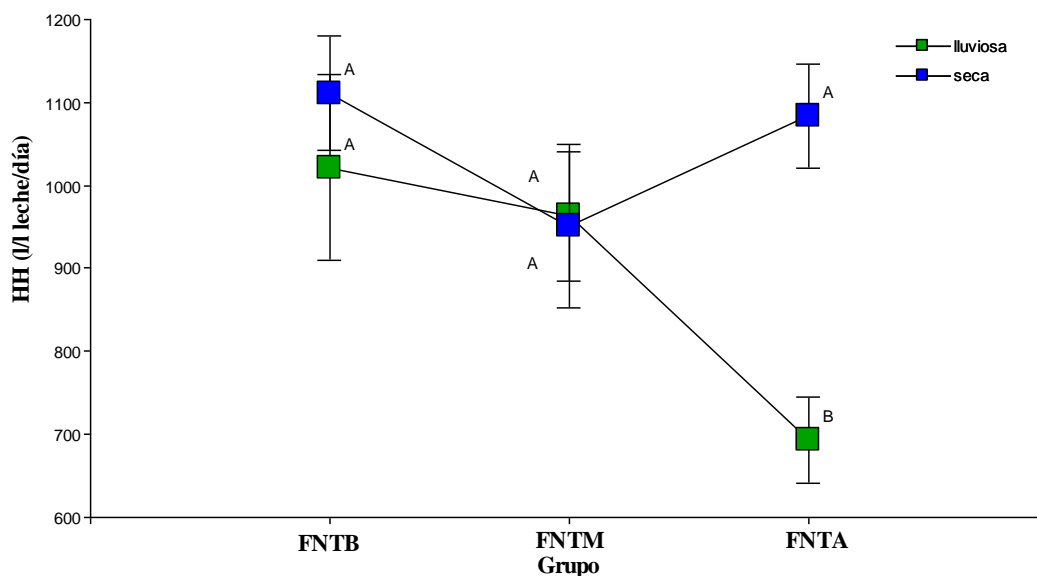


Figura 14. Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas para la HH promedio por litro de leche. FNTA = fincas con nivel tecnológico alto ; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

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).

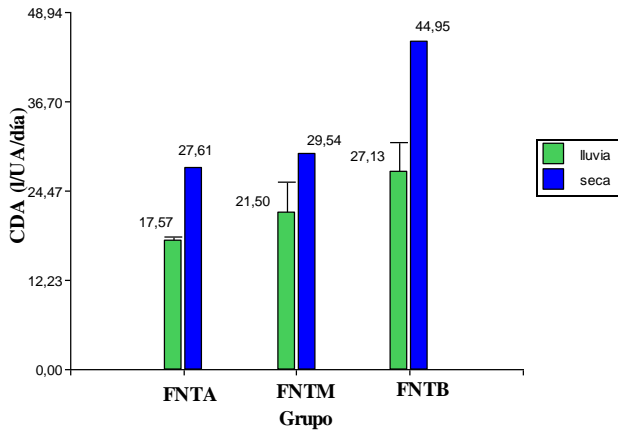


Figura 15. Consumos directos de agua promedios según épocas del año (CDA) en función de los grupos de fincas. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

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 .

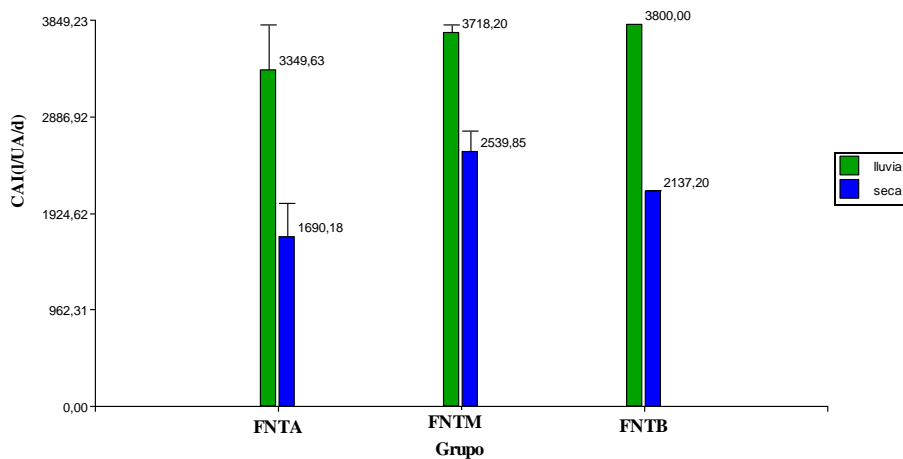


Figura 16. Consumos indirectos de agua promedios según época del año (CAI) en función de grupos de fincas. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

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 m³/animal/10 años). Mekonnen y Hoekstra (2012) reportan 1750 l/animal/día (630 m³/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).

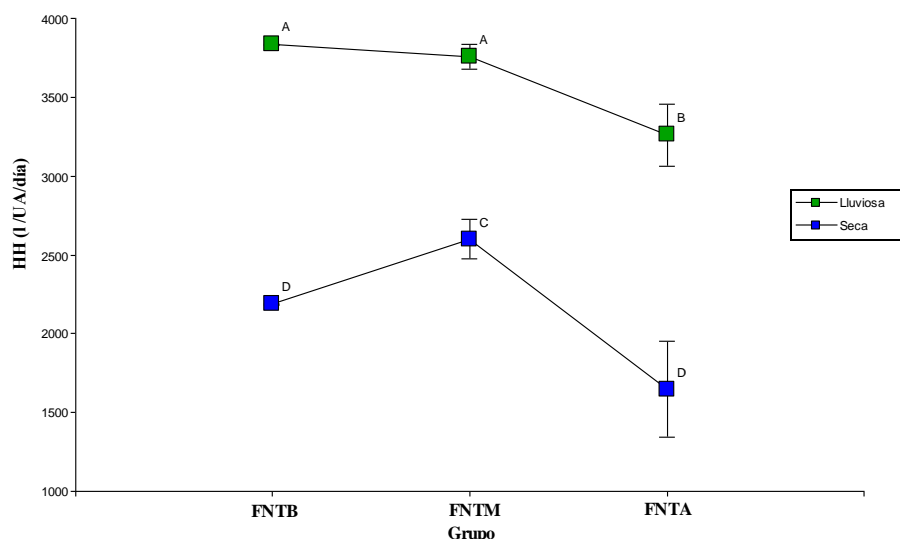


Figura 17. Interacción entre los factores época del año y grupos de fincas en la HH promedio para el hato no lactante. FNAT = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB= fincas con nivel tecnológico bajo.

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.

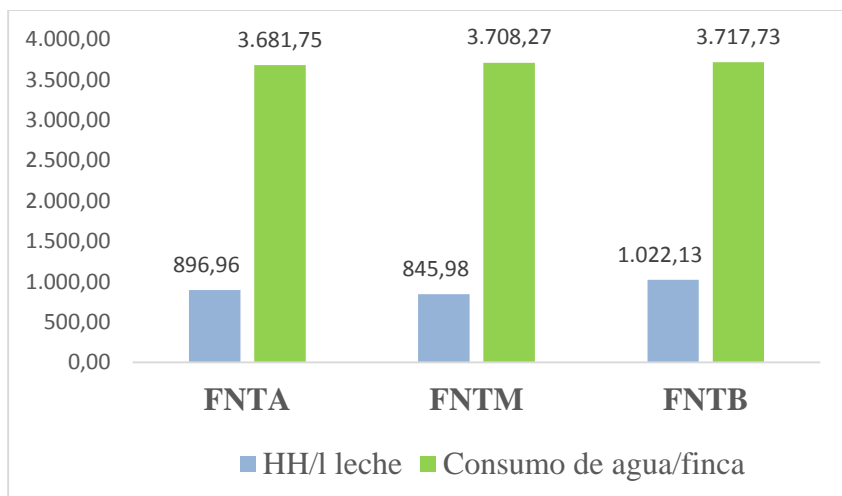


Figura 18. Valores de huella hídrica (l agua/l leche/día) y consumo de agua por finca (l agua/UA/día) en función de los grupos de fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá. FNTA= fincas con nivel tecnológico alto; FNTM= fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = Fincas con nivel 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 |
| FNTA | 31,31 | 4450 | 16,59 | 4498 | 29,91 | 2828 | 7,39 | 2865 | 30,61 | 3639 | 11,99 | 3682 |
| FNTM | 34,74 | 4304 | 14,49 | 4353 | 28,43 | 3029 | 6,00 | 3063 | 31,58 | 3666 | 10,24 | 3708 |
| FNTB | 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"> ▪ Capacitaciones en temas de ordeños eficientes en usos de agua ▪ Inversión o rediseño para infraestructura mínima que permita mejor uso del agua |
| Fugas de agua en tuberías de conducción | FNTA, FNTM y FNTB | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mantenimientos periódicos en las tuberías de conducción de agua |
| Riego por inundación en forrajes | FNTA, FNTM y FNTB | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riego por aspersión o goteo ▪ Forrajes tolerantes a sequías o con mayor eficiencia en uso de agua ▪ Elaboración de ensilajes |
| Pocas actividades de conservación de nacientes y fuente agua | FNTB | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abrevaderos eficientes en la captación de agua (aguadas mejoradas) ▪ Manejar buena cobertura arborea en potreros ▪ Planificar la carga animal en función de la disponibilidad de alimentación y fuentes de agua de la finca ▪ Buena distribución de bebederos de agua en potreros ▪ Mantenimiento del bosque natural y ampliar reforestación en zonas de recarga hídrica |
| Falta de mejoramiento genético continuo en el ganado | FNTB | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejoramiento genético y salud del hato ▪ Mejorar plan de alimentación y nutrición animal en época seca |

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.

4. Conclusiones generales

Se identificaron fincas con alto nivel de tecnologías (FNTA), fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y fincas con nivel tecnológico bajo o tradicional (FNTB). Las FNTA presentaron mayor disponibilidad de infraestructura y equipos y una estrategia de alimentación del ganado basada en suplementos y pastos mejorados. Las fincas FNTM mostraron mayor disponibilidad de bancos forrajeros y nacientes de agua y fincas FNTB obtuvieron los indicadores productivos más bajo y estrategia de alimentación basada en pastoreo. Se evidenció baja disponibilidad de agua durante la época seca.

Fincas que incorporan tecnologías para una mayor oferta y calidad de alimento al ganado como bancos forrajeros (caña de azúcar, Leucaena y sorgo forrajero), ensilaje y concentrado presentaron huella hídrica más baja que aquellas que utilizan un sistema basado en pastoreo. El tipo y calidad de alimento resultó ser un factor clave para el manejo eficiente del consumo de agua en las fincas ganaderas.

Entre los puntos críticos de consumo de agua se destacan: poco control en los usos de agua para lavados de salas de ordeños, fugas de agua en tuberías, riego por inundación en forrajes, pocas actividades de conservación de nacientes y fuentes de agua y falta de mejoramiento genético continuo en el ganado. Alternativas de solución como: capacitación en ordeños eficientes en uso de agua, mantenimiento del sistema de conducción de agua en la finca, sistemas de riego eficientes y forrajes tolerantes a sequías, potreros arbolados, aguadas mejoradas y mejoramiento de la alimentación del hato; pueden contribuir al diseño de sistemas ganaderos sostenibles en el usos del recursos hídrico.

5. Capítulo dedicado a Especialización en Prácticas del Desarrollo (EPD)

En la cuenca del río La Villa, ubicada en la región de Azuero en Panamá, la ganadería doble propósito representa uno de los principales medios de vida para la población ya que aportan más del 70% de los ingresos totales económicos de las de las familias dedicadas a las actividades ganaderas. Por otra parte, se ha evidenciado que los ganaderos han desarrollado un modelo de ganadería extensiva que ejercen gran presión sobre la disponibilidad futura del agua en la cuenca del río La Villa (Faustino *et al.* 2008). En este sentido, cobra relevancia la búsqueda de sistemas ganaderos que permitan mejorar los medios de vida de la población y paralelamente, el manejo y gestión sostenible del recurso hídrico en la cuenca.

Un indicador muy útil para estimar el consumo real de agua en la producción de bienes asociados a los distintos sectores de actividad económica en una región es la huella hídrica. Los estudios de huella hídrica colaboran en el análisis y el diseño de las políticas del agua y pueden contribuir en el ámbito privado y público a determinar, proponer y promover modos de producción más eficientes en cuanto al uso del agua (FAO. 2012).

La huella hídrica se plantea como una herramienta que brinda información adicional al diseño y posterior construcción de políticas y lineamientos de manejo del recurso hídrico, al permitir una comparación entre los usos existentes y los recursos disponibles, así como el proporcionar conocimientos útiles en cuanto a si una región está usando sus recursos de manera efectiva. La evaluación de la HH a nivel de cuenca es un paso importante para comprender cómo las actividades humanas influyen en los ciclos naturales del agua y es una sólida base para la gestión integrada de los recursos y usos sostenibles del agua (Builes 2013).

En este contexto, se realizó el estudio de la huella hídrica en fincas ganaderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, con la finalidad de conocer los consumos de agua de las fincas e identificar prácticas de manejo en el ganado que pueden influir en el uso eficiente del agua y analizar las implicaciones que puede tener la huella hídrica de las fincas ganaderas en el mejoramiento socioeconómico y ambiental de los productores ganaderos de la cuenca del río La Villa. Paralelamente, se analiza la importancia de la huella hídrica en el diseño de planes de gestión del recurso hídrico. El capítulo se desarrolló mediante preguntas orientadoras.

5.1. Pregunta 1. ¿Cuáles son las implicaciones que se pueden generar a partir de la clasificación de las fincas ganaderas y de la huella hídrica de fincas ganaderas, ubicadas en la cuenca del río La Villa?

Para caracterizar las fincas ganaderas se utilizaron indicadores productivos (litros de leche/vaca/día), disponibilidad de infraestructura y equipos (galeras, bodegas, corrales, bebederos, saleros, tractor agrícola, equipos de riego y ordeñadoras mecánicas), usos de la tierra (% pastos naturales y mejorados, bancos forrajeros de gramíneas y leñosas), suplementos alimenticios (concentrados, gallinaza y ensilajes) y disponibilidad de agua en la fincas. Los resultados se muestran en el cuadro 16.

Se identificó que fincas con nivel tecnológico alto (FNTA) han logrado mantener una buena producción de leche en el año (4,54 l leche/vaca/día en estación seca y 7,04 l leche/vaca/día en lluviosa), con una estrategia de alimentación para el verano basado en pasturas, sorgo forrajero, caña, Leucaena y ensilaje de maíz. Esto permite mejorar los ingresos económicos de los productores, así mismo, genera nuevas alternativas de producción ganadera más rentable y resiliente a los cambios del clima comparado con el sistema de ganadería tradicional.

Cuadro 16. Caracterización de los distintos tipos de fincas ganaderas identificadas en la cuenca del río La Villa.

| Tipología | características |
|--|--|
| Fincas con nivel tecnológico alto (FNTA) | Poseen mayor disponibilidad de infraestructura y equipos, la alimentación del ganado está basada en suplementos y pastos mejorados, cuentan con una producción promedio de leche de 139,96 l leche/finca/día y 4,54 l leche/vaca/día en época seca mientras en época lluviosa 168,17 l leche/finca/día y 7,04 l leche/vaca/día. Además protegen las fuentes de agua con bosques naturales y tiene mayor disponibilidad de agua durante época seca. |
| Fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) | Poseen mayor proporción de pastos de cortes y más nacientes de agua, así mismo, cuentan con producciones de 41,24 l leche/finca/día y 2,88 l leche/vaca/día en la época seca, en cambio, en la época lluviosa 77,68 l leche/finca/día y 5,08 l leche/vaca/día. |
| Fincas con nivel tecnológico bajo (FNTB) | Utilizan como principal alimentación las pasturas naturales, tienen más aporte de la ganadería a los ingresos totales de la finca (84,46%) y la producción promedio de leche es de 22,67 l leche/finca/día y 2,33 l leche/vaca/día para época seca, mientras en época lluviosa 46,2 l leche/finca/día y 4,88 l leche/vaca/día. |

La identificación de tres tipos de fincas ganaderas en la cuenca puede contribuir a que las instituciones vinculadas al sector agropecuario, diseñen planes de mejoramiento productivos, con más precisión en la búsqueda de sistemas ganaderos sostenibles y rentables. Esto se puede lograr al potencializar las prácticas de manejo e innovaciones tecnológicas, tales como; disponer de bancos forrajero energético y proteínicos, protección de las fuentes de agua con bosque naturales, gestión del agua en finca y reforestación y un buen manejo de las pasturas.

Con respecto al cálculo de la huella hídrica, se utilizaron 9 fincas, 3 fincas con nivel tecnológico alto (FNTA), 3 fincas con nivel tecnológico medio (FNTM) y 3 fincas con nivel tecnológico bajo (FNTB). La huella hídrica se define como la cantidad de agua requerida para producir un producto.

El cálculo de la huella hídrica está basado en las sumatorias de los consumos directos de agua del ganado, los consumos indirectos de agua que corresponden al agua que consumen los animales mediante el alimento que ingieren y los usos de agua que se refirieren al agua utilizada para el lavado de salas de ordeño, fugas, vacunación del hato, desparasitación y baños de los animales. Luego, al dividir los consumos de agua por la producción de leche total de la finca y las unidades animales totales de la fincas se obtiene la huella hídrica por litro de leche y los conusmo de agua por unidad animal. Los resultados se muestran en el cuadro 17 y 18 .

Cuadro 17. Valores de huella hídrica obtenidos para los distintos tipos de fincas ganaderas en función de la época del año (l agua/l leche/día).

| Tipos de fincas | Época seca | Época lluviosa |
|------------------------|-------------------|-----------------------|
| FNTA | 1082,96 | 692,93 |
| FNTM | 951,31 | 962,76 |
| FNTB | 1111,3 | 1021,39 |

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

Cuadro 18. Valores de consumos de agua obtenidos para los distintos tipos de fincas ganderas.

| Tipos de fincas | Consumo de agua (l/UA/día) | | | |
|------------------------|-----------------------------------|------------|------------|--------------|
| | CDA | CAI | UdA | Total |
| FNTA | 30,61 | 3639,15 | 11,99 | 3681,75 |
| FNTM | 31,58 | 3666,44 | 10,24 | 3708,27 |
| FNTB | 32,08 | 3674,77 | 10,87 | 3717,73 |

FNTA = fincas con nivel tecnológico alto; FNTM = fincas con nivel tecnológico medio; FNTB = fincas con nivel tecnológico bajo; Unidad animal = bovino adulto de 400 kg de peso.

A partir de la huella hídrica de la ganadería se podrían analizar escenarios de disponibilidad de agua de la cuenca con relación a las demandas de agua actual y proyectadas derivadas de la ganadería. Este tipo de análisis puede contribuir a una mejor planificación de las actividades ganaderas con la finalidad de reducir la presión que ejerce el sector ganadero en la disponibilidad de agua de la cuenca.

Las fincas FNTM y FNTA presentaron huella hídrica más baja (951,31 y 1082,96 l agua/ l leche respectivamente). En este sentido, vale la pena potenciar prácticas de manejo que realizan estas fincas y que les ha permitido ser más eficientes en los usos de agua, estas prácticas pueden ser: el uso de bancos forrajeros de gramíneas y leñosas y ensilajes. Así mismo, disminuir pérdidas de agua por fugas y mejorar eficiencia de uso de agua en lavados de piso y galeras para ordeño.

Al considerar que las fincas que optan por sistemas ganaderos basados en pastoreo presentan alta huella hídrica (1111,3 l agua/litros de leche), es importante identificar buenas prácticas de manejo de pasturas, por ejemplo, los potreros arbolados reducen el estrés calórico del ganado y con esto disminuye el consumo de agua para mitigar dicho estrés, además, ofrecen un potencial de recursos alimenticios como follajes y frutos y permiten un alargamiento en la producción de la pasturas debido a la conservación de la humedad en el suelo y el reciclaje de nutrientes lo que permite reducir el uso de insumos externos en la finca (por ejemplo el concentrado) que incrementa HH en los sistemas ganaderos.

5.2. Pregunta 2. ¿Qué potencial tienen estos resultados para la formación de políticas?

Los resultados de la huella hídrica en fincas ganaderas se pueden utilizar como base para realizar planes de monitoreo de consumo de agua en un mayor número de fincas. Con este monitoreo se puede obtener la demanda total de agua de la ganadería en la cuenca, esta demanda de agua es un componente clave para la planificación del uso del recurso hídrico, ya que existe presión de la ganadería sobre la disponibilidad de agua en la cuenca (Trejos 2011).

En la figura 19, Se esquematiza una propuesta general de una de las formas en que se puede utilizar la información de huella hídrica de la ganadería. En el esquema se plantea como información base la disponibilidad de agua de la cuenca y la huella hídrica del sector ganadero. Luego, las instituciones y usuarios del agua tales como: Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Instituto de Acueductos y Alcantarillados (IDAAN), ganaderos, sector industrial, residencial y agrícola, pueden diseñar un plan de manejo integral del uso del recurso hídrico para los distintos sectores mediante el trabajo conjunto.

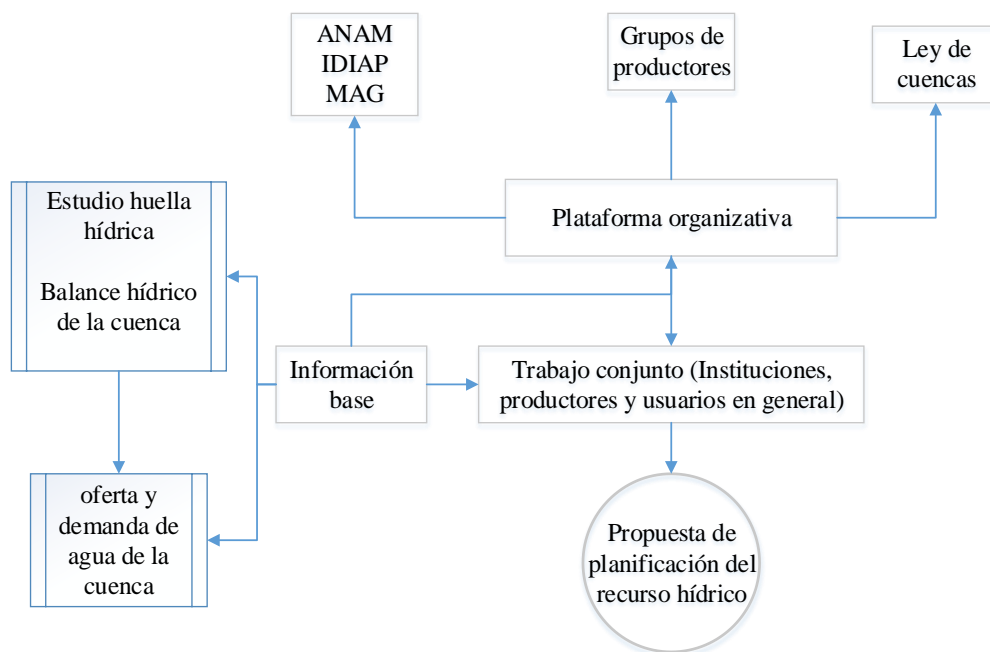


Figura 19. Esquema de una forma en que se puede utilizar el indicador huella hídrica en la gestión del recurso hídrico de la cuenca del río La Villa.

5.3. literatura citada

- 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.
- 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. p. 220 - 223.
- FAO. 2012a. La huella hídrica, un indicador de gestión del agua, y su relación con la seguridad alimentaria. 7 p.
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado. Roma, Italia. p 21.
- Trejos, N. 2011. Recursos Hídricos Panamá. Panamá. 63 p.

6. Anexos

Anexo 1. Parámetros de los cultivos forrajeros utilizados en CROPWAT para el cálculo de los consumos de agua.

| Cultivo | KC según etapas del forraje | | KY promedio | P promedio | Profundidad radicular m |
|----------------|-----------------------------|------|-------------|------------|-------------------------|
| | | | | | |
| Pasturas | inicio | 0,95 | 0,29 | 0,50 | 0,8 |
| | medio | 1,05 | | | |
| | final | 0,6 | | | |
| Sorgo | inicio | 0,8 | 1,02 | 0,5 | 0,30 – 1,40 |
| | medio | 1,05 | | | |
| | final | 0,6 | | | |
| Maíz | desarrollo | 0,8 | 1,08 | 0,5 | 0,30 – 1,00 |
| | medio | 1,05 | | | |
| | final | 0,6 | | | |
| Camote | inicio | 0,4 | 0,94 | 0,5 | 0,55 |
| | medio | 1,1 | | | |
| | final | 0,7 | | | |
| zapallo | inicio | 0,3 | 0,46 | 0,5 | 0,6 |
| | desarrollo | 0,95 | | | |
| | medio | 0,95 | | | |
| | final | 0,75 | | | |
| Caña de azúcar | inicio | 0,8 | 1,25 | 0,5 | 0,8 |
| | desarrollo | 1,05 | | | |
| | medio -final | 0,6 | | | |
| Soya | Inicio | 0,35 | 0,98 | 0,5 | |
| | desarrollo | 1,07 | | | |
| | final | 0,5 | | | |
| Leucaena | inicio | 1 | 0,45 | 0,5 | 0,54 |
| | desarrollo | 1,05 | | | |
| | Final | 0,55 | | | |

KC = Coeficiente de cultivo; KY = factor de repuesta del rendimiento del forraje al déficit de agua; P = factor que expresa nivel crítico de humedad en el suelo.

Anexo 2. Valores promedios de gastos de agua por kilogramo de materia seca según distintos tipos de forrajes utilizados en alimentación del ganado en fincas ganderas ubicadas en la cuenca del río La Villa, Panamá.

| Forraje | RAC mm | Rendimiento Kg MS/ha/año | Uso de agua mm/kg MS/ha | Uso de agua M³/kg MS | Uso de agua l/kg MS |
|----------------------|-------------------|---|--|--|--|
| Zapallo | 191,70 | 2497,50 | 0,08 | 0,77 | 767,57 |
| Pasturas | 532,20 | 14004,00 | 0,04 | 0,38 | 380,00 |
| Leucaena | 811,40 | 23760,00 | 0,03 | 0,34 | 341,50 |
| Maíz época seca | 378,60 | 17700,00 | 0,02 | 0,21 | 213,89 |
| Maíz época lluvia | 294,00 | 17700,00 | 0,02 | 0,17 | 166,10 |
| Caña | 619,00 | 40000,00 | 0,02 | 0,15 | 154,75 |
| Sorgo forrajero | 1017,10 | 96000,00 | 0,01 | 0,11 | 105,95 |
| Concentrado | | | | | 1329,00 |

RAC = requerimientos de agua del cultivo; MS = materia seca; m³ = metros cúbicos; l = litros.