



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**ANÁLISIS DE LA GESTIÓN HÍDRICA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE
LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN LA SUBCUENCA DE AMECAMECA, ESTADO
DE MÉXICO.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

LAURA DOLORES RUEDA QUIROZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Mayo 2014.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**ANÁLISIS DE LA GESTIÓN HÍDRICA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE
LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN LA SUBCUENCA DE AMECAMECA, ESTADO
DE MÉXICO.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES**

P R E S E N T A:

LAURA DOLORES RUEDA QUIROZ

COMITÉ DE TUTORES:

DR. LUIS BRUNETT PÉREZ. Tutor Académico

DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA. Tutor Adjunto

DRA. TIZBE TERESA ARTEAGA REYES. Tutor Adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Mayo 2014.

DEDICATORIAS

A mi Dios y madre eternos por ser mis guías espirituales en este difícil camino, por darme fuerzas cada vez que lo necesite, por ayudarme a enfrentar los obstáculos por más grandes que fueran, sin sucumbir en el intento. ¡Gracias!

A mi Papá y a mi Mamá por brindarme su comprensión y apoyo incondicional, pero sobre todo porque siempre están a mi lado para darme cada uno de sus consejos, para hacer de mí una mejor persona.

A mi abuelita porque aunque no está físicamente conmigo desde hace mucho tiempo, siempre está presente en cada una de mis oraciones y en mis sueños.

A mis hermanos y sobrinos por sus consejos y compañía en el transcurso de este lapso de mi vida.

A mis amigas por su apoyo y sus palabras de motivación.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el transcurso de mis estudios de Maestría.

La presente investigación formó parte del megaproyecto de “Evaluación de la sustentabilidad de los Sistemas de Producción en Producción en Pequeña Escala” con apoyo del CONACYT 129449.

A la Universidad Autónoma del Estado de México, al Centro Universitario UAEM Amecameca y al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la UAEM, por formarme como una persona útil para mi comunidad.

De manera muy especial y afectuosa agradezco al Dr. Luis Brunett Pérez por sus conocimientos, consejos, apoyo incondicional y su extraordinaria paciencia cada vez que lo requerí; así como su profesionalismo que siempre demostró desde que lo conocí.

Al Dr. Enrique Espinosa Ayala por compartir sus valiosos conocimientos y asesoría para la realización de este documento.

Un agradecimiento especial a la Dra. Tizbe Teresa Arteaga Reyes, por sus consejos, calidez humana, sugerencias y conocimientos brindados durante la realización de esta investigación.

Al Dr. Juan José Ojeda por su apoyo incondicional, consejos y conocimientos que me brindo, pero sobre todo por su amistad. ¡Gracias!.

A la M. C. Virginia Guadalupe García Rubio por motivarme a seguir en este camino, pero sobre todo por ser fuente de inspiración y modelo a seguir.

A cada uno de los productores y autoridades estatales, municipales y ejidales por su disponibilidad y aportación de información para la realización de este estudio.

A mis papás, hermanos y sobrinos por ser un pilar muy importante en mi vida.

Y por sobre todas las cosas a Dios y a mi Madre eterna.

RESUMEN

El agua es un recurso primordial para la subsistencia de cualquier especie, por lo cual es importante una administración objetiva y sustentable del recurso. Una de las actividades pecuarias de la sociedad que más agua consume es la producción láctea. Por ello el objetivo de esta investigación fue identificar y analizar la gestión hídrica a través del enfoque GIRH (Gestión Integrada de los Recursos Hídricos) en el sistema de producción de leche en pequeña escala en la subcuenca de Amecameca, Estado de México. Para ello, se aplicaron tres fases de la metodología de GIRH. Se recolectó la información de 22 unidades de producción y seis informantes clave de diversas dependencias a nivel federal, estatal, municipal y delegacional. El análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva. El trabajo muestra los siguientes resultados. El recurso hídrico de la subcuenca proviene de seis pozos y cuatro sistemas de deshielos. El pago anual promedio de agua fue de \$2,925 pesos mexicanos (incluye toma municipal y pipa). El periodo de baja disponibilidad de agua es de diciembre a mayo. En promedio se requiere un total de 6.6 L de agua (incluye consumo y para servicio de limpieza) para producir un litro de leche dentro del sistema. Por lo tanto, el sistema familiar lácteo es parcialmente ineficiente en el consumo de agua de bebida (5.6 L de agua por litro de leche) si se compara con otras investigaciones publicadas. A pesar de ello el sistema genera una presión hídrica mínima (2.2%) sobre el volumen de agua concesionada en la zona de estudio. A partir de las fases del GIRH se determinó el rol que juegan los actores sociales en la distribución, uso y costo del agua. Se concluye que con base a la aplicación de la metodología modificada del enfoque GIRH, no hay un problema de escasez en el volumen de agua concesionada en la zona de estudio, sino una problemática social de distribución del vital líquido dentro de ésta. Se recomienda continuar realizando investigaciones en torno al agua y a la sustentabilidad de la producción lechera; así como, iniciar trabajos sobre consumo de agua en la fase de transformación de productos lácteos en la región.

Palabras clave: producción de leche, gestión del agua, conversión agua-leche.

ABSTRACT

Water is an essential resource to subsistence of any species; hence, it is important an objective and sustainable management of the resource. One of the society's livestock activities that consume the most water is milk production. Therefore, the objective of the current research was to identify and to analyse the water management throughout the IWRM (Integrated Water Resources Management) approach in small scale milk production system at Amecameca sub-basin, State of Mexico. In order to achieve it, three stages of the IWRM methodology were applied. Information was collected from 22 production units and from six key informants of several institutions at federal, state, municipal, regional and county level. Statistical analysis was carried out through descriptive statistics. The work shows the following results. Water resource in the sub-basin is supplied from six wells and four snowmelt systems. Annual average payment of water was \$2,925 Mexican pesos (it includes piped-municipal and water-tanks supplies). A low water availability period was from December to May. On average, 6.6 L of water (including drinking consumption and cleaning) are required in total in order to produce one litre of milk within the system. Therefore, the family milk system is partially inefficient in the consumption of drinking water (5.6 L of water per litre of milk) when compared with other published researches. Nonetheless the system has a minimum pressure on water (2.2%) regarding the volume of water exploitation rights in the study area. Social stakeholders' roles in the supply, use and costs of water were determined through the stages of IWRM. It is concluded that based on the application of the modified methodology of IWRM approach, there is not a problem of scarcity in the volume of water concessions in the study area but a social problem of distribution of such vital liquid within it. It is recommended to continue carrying on research on water and sustainability of milk production and undertake work on water consumption in the phase transformation of dairy of products in the region.

Key words: milk production, water management, water-milk conversion

CONTENIDO

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Sustentabilidad y ganadería	3
2.2 Gestión hídrica	7
2.2.1 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)	7
2.3 Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) o Familiar.	10
2.3.1 Producción de Leche en la subcuenca Amecameca, Estado de México.	11
2.4 Antecedentes del consumo de agua en sistemas pecuarios.....	12
2.4.1. Antecedentes de consumo de agua en bovinos productores lácteos.....	15
2.5 Antecedentes de Gestión de los recursos hídricos	17
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
V. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	21
VI. HIPÓTESIS	22
VII. OBJETIVOS	23
VIII. MATERIAL Y MÉTODO	24
8.1 Zona de estudio.....	24
8.2 Selección de las poblaciones objetivo	25
8.3 Gestión Integrada de Recursos Hídricos.....	26
8.4 Análisis Estadístico	27
IX. RESULTADOS	28
9.1 Publicación de un capítulo de libro	28
9.2 Artículo científico enviado.....	42
X. DISCUSIÓN GENERAL	71
XI. CONCLUSIONES GENERALES	76
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
XIII. ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Consumo de agua de bebida en el ganado bovino lechero.....	13
Tabla 2. Consumo de agua de servicio en bovinos.....	15
Figura 1. Ejes o dimensiones fundamentales del Desarrollo Sustentable	5
Figura 2. Diagrama del ciclo GIRH.....	9
Figura 3. Tipos de fuentes de abastecimiento de agua en los animales	14
Figura 4. Croquis de localización de la Subcuenca Amecameca, Estado de México	24

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso sin embargo, primordial para la subsistencia de cualquier especie. Sin embargo su explotación, el cambio climático actual y la contaminación que sufren los recursos hídricos a nivel mundial, pone en riesgo grandes intereses económicos, sociales y ambientales de los países, es por ello, que la gestión del agua es una herramienta para crear planes en torno a una mejor administración de los recursos hídricos (GWP, 2008).

En México los estudios sobre gestión del agua han sido mayormente a nivel de región, cuencas y subcuencas con un enfoque socio-político-administrativo (CONAGUA, 2009; Díaz *et al.*, 2011, Burns, 2011 y López *et al.*, 2013). En cuanto a estudios científicos dirigidos a analizar la relación que tiene la gestión del agua en la producción de leche existen pocos, algunos estudios toman en cuenta a sistemas pecuarios en general analizando el nexo de la gestión integrada de los recurso hídricos con otra metodología sobre gestión de recursos naturales (Twonlow *et al.*, 2008), otras toma en cuenta este mismo sistema pero con otro enfoque (Descheemaeker *et al.*, 2010). Los mencionados estudios no abordan el sistema de producción de leche, a pesar de que este esquema de producción es uno de los que más demanda agua. De ahí el interés de la realización de este trabajo, por analizar la gestión del agua en el sistema de producción de leche en pequeña escala.

La problemática que presenta la Región Hidrológica No. XVIII “Aguas del Valle de México” es una escasez hídrica absoluta y con acuíferos sobreexplotados como es el de Chalco-Amecameca (CONAGUA, 2009). La situación del agua en las comunidades rurales es realmente preocupante tanto en su abundancia por ocasionar desastres naturales, como por su insuficiencia debido a la escasez de lluvias (Villanueva, 2008). Steinfeld *et al.* (2009) mencionan para el caso específico del sector pecuario a través del uso del agua, contribuye al agotamiento del recurso, a un nivel elevado y en creciente aumento, que se pronostica que en las próximas décadas el uso pecuario

experimentará un aumento en el consumo del agua de un 50%. La FAO (2012) menciona que la ganadería emplea un 8% del agua a nivel mundial.

Los productos animales primarios tales como la carne y en específico la leche son sometidos a procesos de elaboración y transformación antes de su consumo, estos productos requieren de cantidades significativas de agua (Steinfeld *et al.*, 2009). La actividad lechera es la que más agua consume dentro de todas las explotaciones pecuarias (Pol *et al.*, 2005).

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se realizó una revisión bibliográfica, que constó en la búsqueda de información sobre la clasificación y características de los sistemas lecheros presentes en México y en específico en el sistema en pequeña escala, además de una recopilación de información de la zona de estudio.

La investigación se concentró en los sistemas lecheros en pequeña escala como objeto de estudio debido a que en la zona sur-oriente del Estado de México, está considerada como una micro cuenca lechera y este sistema lechero de producción es el más común y característico.

Una vez hecha la recopilación de datos, se centró la atención a la búsqueda de una metodología de gestión de agua que se adaptaran al objeto de estudio de la presente investigación, que permitiera visualizar un panorama general de la gestión a nivel de subcuenca; pero que a su vez mostrara y determinara los flujos de agua en el sistema lechero. Para lo cual surgieron algunas interrogantes, entre las cuales algunas sobresalieron, cantidad de agua necesaria para producir un litro de leche, factores que afectan al sistema lechero y el impacto que ejerce la ganadería lechera en pequeña escala sobre el volumen de agua concesionada para la zona de estudio.

El trabajo de campo se realizó de Mayo a Diciembre de 2012. Los datos fueron recopilados mediante visitas periódicas a las unidades de producción. La metodología que se aplicó fue el enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) propuesta por la *Global Water Partnership -GWP* (2008) que incluye un ciclo con siete etapas. La propuesta fue modificada por Díaz *et al.* (2009) la cual integro indicadores de

presión-estado- impacto- respuesta (PEIR) para su evaluación. Tomando en cuenta que esta metodología se enfoca principalmente a aspectos socio-políticos para establecer planes que apoyen las políticas públicas en torno al agua. En este trabajo se realizó una modificación a la metodología de Díaz *et al.* (2009) para alcanzar el objetivo de esta investigación, que no incluye la elaboración de un plan sino identificar y analizar la gestión hídrica en el sistema de producción de leche en pequeña escala. Por lo tanto, se consideraron solo tres etapas: (1) Visión, (2) Dinámica y (3) Análisis.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sustentabilidad y ganadería

El concepto de sustentabilidad es mencionado por primera vez en el Siglo XVIII en la silvicultura alemana. El ingeniero de minas, Von Carlowitz, utilizó el término para expresar el interés que él tenía de mantener sus plantaciones de madera por muchos años ya que proveían de vigas a la producción minera, Este término es el equivalente en alemán "*Nachhaltig Keit*" (Fadul *et al.*, 2011).

El origen del Desarrollo Sustentable puede ubicarse desde dos puntos. El primero se refiere a la sociedad (ya sea urbana o rural) y con la diversidad de sus movimientos sociales, que han vivido, palpado y sufrido los efectos positivos y en su gran mayoría los negativos del desarrollo. El segundo punto se presenta a partir del ambiente institucional en los años setenta. En la conferencia de Estocolmo, celebrada en 1972, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) pone de manifiesto que el desarrollo requiere una magnitud ambiental y además menciona y hace énfasis en la amenaza de una crisis ecológica de naturaleza mundial (Morales, 1999).

En el año 1987 la Dra. Gro Harlem Brundtland encabeza una comisión con miembros de diferentes países y presentan ante la ONU producto de los trabajos de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas un Informe socio-económico que lleva por nombre "Informe Brundtland" que originalmente se llamó

“Nuestro Futuro Común”, donde por primera vez se utiliza el concepto de Desarrollo Sustentable o Sostenible. Que se define como “Aquel desarrollo que busca satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades, conservando con ello el medio en el que vivimos” (Nuestro Futuro común, 1987).

Más adelante el concepto es aceptado como una estrategia institucional por los países miembros de la ONU, al firmar una serie de acuerdos y compromisos documentados en la Agenda 21, formulado en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992.

La tercera edición de la Cumbre de la tierra sobre Desarrollo Sostenible, se celebró en Johannesburgo del 26 de agosto al 4 de septiembre del 2002, organizada por la ONU, en esta tercera edición su objetivo fue la adopción de un plan de acción sobre diversos temas: pobreza, miseria, consumo, recursos naturales y de estos anteriores puntos la gestión, globalización, etc. En la Cumbre se constituyó un instrumento de acción entre distintos actores de la sociedad internacional con el propósito de incentivar a la población mundial a que la protección ambiental fuese compatible con el crecimiento económico y el desarrollo social mediante una acción de todas las partes de la población inmersas.

A partir de este momento el concepto de Desarrollo Sustentable se vuelve de uso común y es utilizado tanto por los organismos multilaterales como por el Fondo Monetario internacional, el Banco Mundial, FAO y por los gobiernos e instituciones nacionales, así como por todos los movimientos sociales implicados en el ámbito del Desarrollo Sustentable. El concepto es ahora centro de un intenso debate entre los actores implicados, encontrándose en constante construcción y también es objeto de disputa (Morales, 1999).

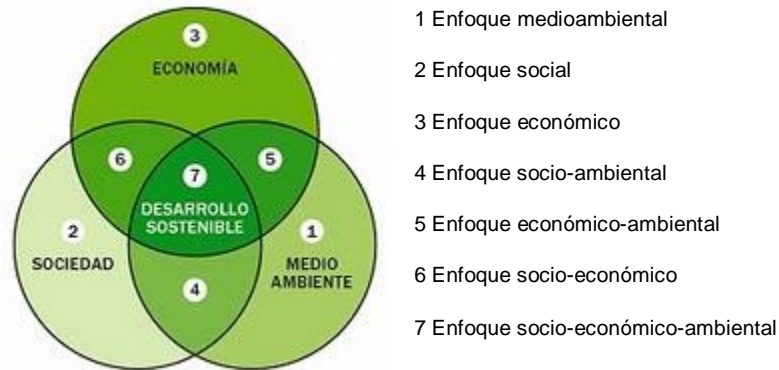


Figura 1. Ejes o dimensiones fundamentales del Desarrollo Sustentable (Dayaleth *et al.*, 2008).

Después de estos conceptos descritos se menciona que el fin último y primordial de la sustentabilidad consiste en encontrar alternativas viables en las cuales la especie humana pueda vivir durante mucho tiempo en el planeta, sin comprometer su estancia en él, ni la de las próximas generaciones, así como salvaguardar la biodiversidad existente en el planeta; dada la capacidad que tiene la especie humana para cambiar drásticamente algunos elementos de la interacción con el ambiente. Es sobre estas decisiones de manejo y sus graves consecuencias, sobre las cuales se puede fundamentar el balance sociedad- ambiente. Recordando, analizando y llevando a cabo la nueva visión del mundo que dice así “los humanos somos parte de la naturaleza, no sus dueños; la naturaleza nos sostiene física y espiritualmente, los recursos naturales son escasos y finitos, las metas humanas deben crear y salvaguardar vidas, no destruirlas” (Gutiérrez, 2007).

Como ya se mencionó la sustentabilidad es un concepto intangible, variable, amplio y en constantes cambios, por lo que los métodos existentes para su evaluación, en sistemas de producción de leche, son escasos y más aún los realizados en Latinoamérica ya que están sujetos a cambios y ajustes por la variabilidad de los sistemas y de las zonas donde han sido evaluados. En esto radica la importancia de los estudiarlos. La sustentabilidad cuenta con tres aspectos fundamentales (social, económico y ambiental) como se observa en la Figura 1, para que la sustentabilidad se evalué de una forma completa y amplia requiere que se integren en cualquier estudio

sus tres aspectos, ya que la combinación de estos es muy difícil, es por ello necesaria la formulación de atributos debidamente equilibrados para la determinación de sustentabilidad en cualquier sistema. Por tal motivo es importante y fundamental recordarla siguiente frase “Para que toda actividad económica se ha sustentable, deberá ser económicamente viable, ecológicamente sana y socialmente equitativa” (Vilain, 2008).

Además la sustentabilidad comienza a cobrar importancia a nivel nacional cuando es publicada una Ley en el Diario Oficial de la Federación el 7 de Diciembre de 2001, la cual lleva por nombre Ley de Desarrollo Rural Sustentable y que es parte del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Este plan asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable; esto es, del proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras. Dentro de esta Ley en el Art. 17 (Cámara de Diputados, 2001).

Una pieza importante dentro de la sustentabilidad ambiental es el recurso agua. Una de las actividades humanas que impacta al ambiente y al recurso hídrico en específico es la producción pecuaria; este impacto no es bien entendido por los responsables de crear políticas y solo se fundamentan en el sector más obvio de la cadena productiva, como lo es la finca, la contaminación por heces y desechos que estas eliminan, pero ignoran el consumo total del agua (directo e indirecto); el recurso hídrico destinado al consumo y mantenimiento representa la demanda más obvia, asociada a la producción pecuaria (Steinfeld *et al.*, 2006). El sector agropecuario desempeña funciones sociales, económicas y ambientales importantes para la sociedad, la cual espera que este sector siga proveyendo de alimentos inocuos y baratos de acuerdo a la demanda mundial, por lo que lo deberá hacer de forma sostenible con el ambiente, generando oportunidades de desarrollo rural (FAO, 2010).

2.2 Gestión hídrica

Berghuber *et al.* (2010) mencionan que la gestión del agua está estrechamente ligada con el conocimiento práctico de una comunidad para satisfacer las necesidades hídricas que tiene. La gestión es la administración de cualquier recurso y se lleva a cabo a través de un proceso coordinado que busca lograr los objetivos organizacionales establecidos de forma eficaz a través de sus distintas fases (planeación, organización, dirección y control) (Steiner, 1998). En términos hídricos el agua al estar considerada como el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida, se necesita de una administración eficiente de este recurso que desencadene en una gestión hídrica con una perspectiva sustentable a fin con las necesidades de una sociedad demandante, sin comprometer el recurso en el futuro.

Soares (2007) señala que gracias a la creciente conflictividad social entorno al agua, se debe de reconocer al recurso hídrico desde otra perspectiva no sólo como un bien público con él que cuenta la sociedad, sino desde un enfoque económico dándole el valor que en verdad tiene el recurso y que a partir de esta perspectiva se generen políticas públicas alrededor de este vital recurso. Siguiendo este contexto la UNESCO (2010) refiere que los líderes del sector hídrico saben del papel crucial que desempeña el agua en el desarrollo sostenible, pero siguen sin tomar decisiones que desarrollen objetivos y repartan los recursos humanos y económicos necesarios para alcanzarlos. Según González (2008) el valor del agua depende del uso que se esté haciendo del recurso (doméstico, industrial, agrícola y por último, la valoración como un recurso público ambiental), pero al ser considerado durante mucho tiempo como un medio abundante se mantiene la idea errónea de ser un bien gratuito.

2.2.1 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)

En 1992 se celebra la Declaración de Dublín sobre Agua y Medio Ambiente en donde expertos consideraron que la situación de los recursos hídricos mundiales se está volviendo crítica e instaron en traducir las recomendaciones sobre pobreza, enfermedades, desastres naturales, conservación y aprovechamiento del agua entre

otros puntos que permitan a los países afrontar sus problemas en materia de agua y transformarlas en programas de acciones urgentes sobre el agua y el desarrollo sostenible. Es así que en la Declaración de Dublín se crean cuatro principios que sirvieron como base para la formulación del enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y se plantearon de la siguiente forma: (GWP, 2003).

Principio No. 1.- El agua dulce es un recurso finito y vulnerable.

Principio No. 2.- El aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de todos los usuarios.

Principio No. 3.- La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.

Principio No. 4.- El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y deberá reconocérsele como un bien económico.

En el tercer Informe de las Naciones Unidas sobre Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, llamado “El Agua en un Mundo en Cambio” realizado en el 2010, menciona que el aumento en el consumo de productos agrícolas para satisfacer las necesidades de las poblaciones son el motor principal de un mayor uso del agua, además hace referencia a las competencias por el líquido y las deficiencias en la gestión del recurso, exigen una mayor respuesta social a través de la gestión y la legislación (UNESCO, 2010).

En la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible se hace un llamado a todos los países para desarrollar planes de gestión integrada de sus recursos hídricos ante la actual problemática hídrica global, por lo que surge una estrategia que da margen a la creación de planes sobre una mejor administración del recurso creada por la Asociación Mundial para el Agua (*Global Water Partnership-GWP*), la cual se da a la tarea de escribir: “Los Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos” en el 2008 y un año después redacta junto con la Red Internacional de Organismo de Cuenca, el Manual de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. (GWP-INBO, 2009)

El concepto de gestión del agua que redacta el Comité de Asesoramiento Técnico de la Asociación Mundial por el Agua (GWP) en el 2008 sobre el GIRH es el siguiente:

“Proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”.

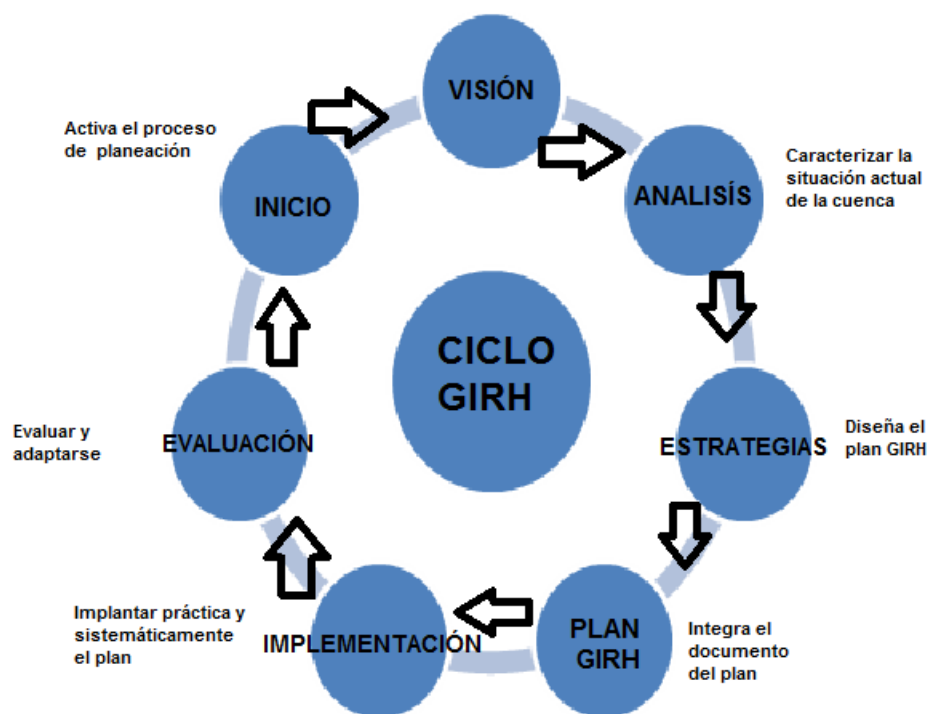


Figura 2. Diagrama del ciclo GIRH

Fuente: Díaz *et al.* (2009)

Esta metodología integra e involucra a todos los sectores y grupos de interés relacionados con el agua. Además ayuda a identificar las áreas y etapas clave que requieren los procesos de participación y consulta para establecer las bases de una sólida cooperación intersectorial para el futuro (GWP, 2008).

El enfoque de GIRH ayuda a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible y equilibrada, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y ambientales. Reconoce los diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y abusan del agua, y las necesidades del medio ambiente (*Ibídem*).

2.3 Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) o Familiar.

Entre los grupos de interés se encuentra la sociedad, la cual cuenta entre sus actividades productivas a la actividad pecuaria, proveedora de fuentes de alimento y sustento económico y dentro de ella se encuentra la producción láctea.

Según Gallardo (2004) dentro del sistema en pequeña escala productor de leche (SPLPE) o familiar, los productores consideran a la actividad lechera como un complemento de la producción agrícola y cuentan con instalaciones rusticas dentro del establo. La situación en México sobre producción de leche de vaca es que se realiza en 789 000 unidades de producción distribuidas en la mayoría del país, las cuales ayudan a producir más de 200 000 empleos remunerados permanentemente y de estos un 28% provienen de unidades de producción con poca o nula tecnificación (Fadul, 2011).

Dentro del SPLPE están los que cuentan con 3 a 20 vacas con sus respectivos remplazos, además cuentan o rentan con superficies de tierra, utilizan fundamentalmente mano de obra familiar para el manejo del ganado así como para la venta de la leche y que a través de estos ingresos proporcionan a la familia un complemento a su economía, semejante al obtenido por un trabajo fuera del sistema de producción por el jefe de familia, ya se ha que la lechería se ha o no su segunda actividad (Espinosa, 2009). SAGARPA (2000) reporta que el SPLPE aporta a la producción nacional 70 millones de litros de leche anuales representados por el 9.4%; en el mismo contexto SIAP (2006) menciona que este sistema aportan el 9.8% a la producción del país y poseen el 18.9% de los vientres en el país. Además gracias al aporte de estos sistemas de producción a la industria láctea, contribuyen al acervo gastronómico local y nacional con la elaboración de quesos tradicionales, dependiendo de la zona donde se encuentren.

Por lo general los sistemas mantienen a su ganado en condiciones de estabulación o semi-estabulación (Espinoza *et al.*, 2008).

Para la ordeña de las vacas, por lo general es a mano, pero en algunos es mecanizada, además de que pocos casos cuentan con refrigeración para la leche (Ortiz *et al.*, 2005). En cuanto a la reproducción utilizan monta natural o inseminación artificial y en algunos casos ambas, en la mayoría de los sistemas los productores no llevan registros del sistema de producción (Fadul, 2011)|

2.3.1 Producción de Leche en la subcuenca Amecameca, Estado de México.

Para el municipio de Amecameca Tapia (2010), menciona que la lechería en el municipio es de tipo familiar, predominando la raza Holstein, la producción láctea de la cabecera municipal es de (39.94%) y sus dos delegaciones producen (Zentlalpan: 40.69% y Chalma: 11%), según (SEDAGRO, 2006) el precio por litro de leche fue \$4.53 en promedio. En el caso del municipio de Ayapango (Romero, 2010) hace referencia que las características tecnológicas y de manejo de los sistemas de producción de leche en el Municipio de Ayapango son las siguientes: presentan una producción 100% familiar, la escala de producción es de 4 a 18 vacas en producción, el promedio de litros de leche que se producen mensualmente es alrededor de 1, 498,79 a 5, 038,29 litros. El promedio de vacas en ordeño es de 5.8 bovinos. La raza que predomina es la Holstein, el 83% de los productores utiliza inseminación artificial.

Se estima que la producción global de las queserías en la localidad de Poxtla alcanza los 2,200 kg semanales, lo cual remite a una comercialización de aproximadamente 22,000 litros de leche (Romero *et al.*, 2011). De acuerdo con el SIAP (2011) la producción de leche para los Municipios de Amecameca y Ayapango fue de 18'005,840 litros/año. Mientras que INEGI (2007) reporta que en estas localidades se cuentan con 1032 vientres para producción láctea. A su vez Puente *et al.* (2011) menciona que existen 1086 vacas en producción en los municipios de Amecameca y Ayapango. Castillo *et al.*, (2012) mencionan que en la cabecera municipal de Amecameca y en la Delegación de San Francisco Zentlalpan existen 743 vacas lactantes que forman parte de 92 hatos.

2.4 Antecedentes del consumo de agua en sistemas pecuarios

Se considera que un animal adulto puede consumir aproximadamente el 8 al 10% de su peso en agua (Sager, 2000). Según Charlón *et al.*, (2005) existen tres tipos de fuentes de abastecimiento que puede tener animal como lo son: el agua de bebida, la contenida en la dieta y la metabólica, la que mayor aporta al total del agua consumida es la de bebida. Dentro de los factores que son responsables del consumo de agua son los siguientes: Raza, estado fisiológico, producción láctea, temperatura, dieta y la disponibilidad y concentración de sales en el agua.

Uno de los factores que interviene en el consumo de agua y es de los más conocidos es la temperatura ambiente. En verano siempre hay un mayor consumo, pero también hay mayor evaporación en represas o estanques. Otro de los factores responsables del consumo de agua de bebida en los bovinos es el tipo de alimentación que reciben los animales. Como regla general todos los forrajes secos y/o concentrados demandan mayor cantidad de agua de bebida, que los forrajes verdes aunque estos últimos contiene una mayor cantidad de agua. Por su parte, Corba (1985) menciona distintos porcentajes para cada alimento por ejemplo: Granos y heno (10%), ensilajes y pastos (50%) y forrajes verdes tiernos (85 a 90%), por lo cual existe una relación directa del consumo de agua con la cantidad de materia seca que consume el animal. Uno más de los factores que interviene en el consumo de agua es el estado fisiológico de los animales (Tabla 1). Una vaca en lactación consume más líquido que una vaca seca (Sager, 2000). Charlón *et al.*, (2005) refiere que una vaca en lactancia con un promedio de producción de 40 litros de leche por día, consume entre 144 a 159 litros de agua al día.

Tabla 1. Consumo de agua de bebida en el ganado bovino lechero.

TIPO DE BOVINO	EDAD	LITROS POR DÍA
Ternero Holstein	1 mes	6.2
Ternero Holstein	2 meses	7.3
Ternero Holstein	3 meses	9.2
Ternero Holstein	4 meses	12.3
Vaquilla Holstein	5 meses	15.8
Vaquilla Holstein	15 a 18 meses	24.6
Vaquilla Holstein	18 a 24 meses	31.9
Vaca seca preñada	6-9 meses	41.6
Vaca en lactancia	Mitad de lactancia (35 L leche/día) con 680 Kg P.V. y con una temperatura de 15 a 20°C en promedio	105.8

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Adams y Sharpe, (1995).

Dentro de todo sistema de producción las etapas productivas de un bovino requieren de diferentes consumos de agua de bebida para abastecer las necesidades que el metabolismo del bovino requiere, este consumo se intensifica en las etapas de lactancia, en relación al peso vivo y al nivel de producción (Bavera *et al.*, 1979 y Herrero 1996) mencionan que el consumo promedio de vacas que producen 20 litros de leche/día es de 2 a 4 L/k MS consumida; otro parámetro es entre 100 a 120 L agua/día aumentando su consumo en la época de verano.

El agua metabólica, el animal la obtiene gracias a la oxidación de lípidos, proteínas y carbohidratos. Pero este aporte de agua es muy reducida comparándola con la contribución del agua contenida en los alimentos y en el agua de bebida (Charlón *et al.*, 2005)

El agua de bebida o la contenida en los alimentos una vez consumida (Figura 3), sigue su trayecto hasta el aparato digestivo de los rumiantes, pasando por el esófago y el cardias, su primer paso es llegar al Rumen y el Retículo dos de las primeras cavidades gástricas del rumiante, las cuales se caracterizan por contener un medio acuoso,

proveniente del agua de bebida, agua de la dieta y la saliva, esta masa de alimento fibrosa contiene de un 85 a 90% de agua, el cual sufre una degradación química, se mezcla, se muele y transita hacia la próxima cavidad gástrica llamada omaso, el cual es un pequeño órgano ovoide que una de sus funciones principales es la absorción de agua y sales minerales (sodio y potasio), sus laminas permiten el intercambio hídrico para aumentar el contenido del bolo alimenticio, el siguiente paso es llegar al Abomaso llamado el estómago funcional, en el cuál la digestión se efectúa bajo la acción de los jugos gástricos. Después en el intestino delgado se absorben los principales productos de la digestión entre ellos agua, sales minerales, vitaminas, aminoácidos, glucosa y ácidos grasos largos. Por consiguiente en el Intestino Grueso el contenido intestinal permanece, donde la fermentación es menor y una de las principales funciones la absorción hídrica, formando al contenido intestinal en heces que contienen entre 15% a 18% de agua, después las heces permanecen en el recto que sirve de depósito entre defecación y defecación, finalizando su trayecto por el ano. (Church, 1995)

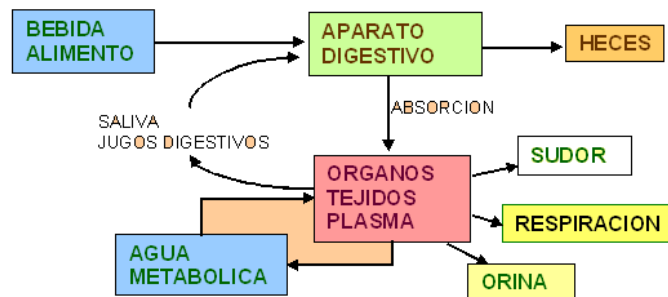


Figura 3. Tipos de fuentes de abastecimiento de agua en los animales (Church, 1995)

El consumo de agua de bebida necesaria para producir un litro de leche según lo reportado por diversos autores (Kramer *et al.*, 2008; Kume *et al.*, 2010; López, 1965; Meyer *et al.*, 2004; y Nosetti *et al.*, 2002) varía en un rango de 1.9 a 2.8 litros de agua por litro de leche. Aunque otros reportan un rango distinto (Castle and Thomas, 1975 y Charlón *et al.*, (2005)) 4-4.5 litros de agua por litro de leche. Sin embargo, se tiene presente que la mayoría de los estudios reportados fueron realizados con factores y condiciones totalmente distintas a las evaluadas en esta investigación, tales como la región geográfica, sistemas de producción de leche, tipo de dieta, el riego para

obtención de forrajes, periodo de lactancia, etapa fisiológica, clima, época del año, entre otras.

En cuanto al agua de servicio (Tabla 2) que el bovino requiere para la limpieza del área de ordeño, utensilios y del mismo bovino, es fundamental tomar en cuenta este uso dentro del sistema de producción (Steinfeld *et al.*, 2009) menciona que el agua de servicio utilizada en los sistemas industriales o especializados es mayor comparado con el agua utilizada en los sistemas de pastoreo.

Nosetti *et al.* (2002) reportan el valor de 0.95 L de agua / L de leche por vaca para la limpieza de la ubre, bajo un sistema especializado con vacas lactantes en Argentina. A nivel nacional la CANILEC (2013) reporta en sus estadísticas sobre producción de leche que se necesitan 300 L agua / L leche en la producción tecnificada para bebederos, lavado de instalaciones, riego, forrajes, etc.

Tabla 2 Consumo de agua de servicio en bovinos.

Animal	Grupo de edad	Agua de servicios (litros/animal/día)	
		Industrial	Pastoreo
Ganado vacuno de carne	Terneros jóvenes	2	0
	Adultos	11	5
Ganado vacuno de leche	Terneras	0	0
	Vaquillas	11	4
	Vacas de leche	22	5

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Steinfeld *et al.*, (2009).

2.4.1. Antecedentes de consumo de agua en bovinos productores lácteos.

La huella hídrica es un indicador de uso del agua que toma en cuenta tanto el uso directo como indirecto que consume tanto el consumidor como el productor. Por lo que se han realizado varios estudios a nivel internacional relacionados a este tema, los cuales determinaron que para producir 1 litro de leche se requiere 1,000 litros de agua

(Hoekstra y Chapagain, 2008). La huella hídrica en México es de 1, 441 m³/cápita/año, la cual es 16% superior al promedio mundial (1,243 m³/cápita/año) El interés por la huella hídrica se origina por reconocer los impactos humanos en los sistemas hídricos y su relación, en última instancia, al consumo humano. Temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la producción y cadenas de distribución en su totalidad (*Ibídem*).

Un estudio llevado a cabo por la UNESCO (Gerbens *et al.*, 2011) en los Países Bajos comparó la Huella Hídrica de la carne de Aves, Bovinos y Cerdos en diferentes sistemas de producción de diversos países y se concluyó que con base a la dieta de forrajes y concentrados el ganado que consume más concentrado es el que presenta una mayor huella hídrica en su carne.

El consumo de agua de bebida se aplicado en varios estudios algunos de ellos son los siguientes: Meyer *et al.*, (2004) midió la ingesta de agua diaria en vacas en 60 vacas con dos experimentos, obteniendo el valor de 2.6 L agua para producir un litro de leche.

Varios estudios realizados en Argentina (Herrero *et al.*, 2000 y Carbó *et al.*, 2009) se enfoca en calidad, usos, manejo y contaminación del agua que se consumen en sistemas agropecuarios. Otro estudio realizado en “*tambos*” (establos) Argentinos (Pol *et al.*, 2005) evaluó la eficiencia que tiene la reutilización de aguas en el pre-enfriado de los tanques de almacenamiento y sus efectos sobre la calidad microbiológica en la leche, concluyendo que al compararlo con un sistema abierto que no reutiliza el agua con el sistema cerrado que si reutiliza el agua, este último no afecto la calidad microbiológica de la leche. Un tercer estudio también realizado en Argentina (Herrero *et al.*, 2002) habla sobre la importancia del agua en la producción de leche y evaluó los diferentes usos del agua dentro del sistema lácteo y determinó que el enfriado de la leche es el servicio que más agua consume (4 a 9 L de agua/L de leche producida) dentro del sistema de producción de leche.

En Chile Broussain *et al.*, (2011) llevaron a cabo un estudio en donde se analizó el concepto de huella hídrica y su aplicabilidad en predios lecheros, donde se generan los principales consumos de agua, en el cual se determinó la huella hídrica de un litro de

leche cruda en siete predios lecheros y se analizó la disponibilidad de datos para aplicar una fórmula de huella hídrica y por último se propuso una metodología para aplicarla en sistemas lecheros del país, se encontró que el valor de la huella hídrica para producir un litro de leche son necesarios 300 litros de agua y este valor tiende a aumentar si el sistema lechero se torna intensivo, algunas de las recomendaciones del autor es que se deben de ahondar en la precisión de algunas metodologías de los datos recabados ya que se trabajaron con datos promedio pues existía mucha variabilidad entre ellos, es necesario generar datos más precisos al calcular este indicador ya que es una contribución a la sustentabilidad de los sistemas lecheros.

2.5 Antecedentes de Gestión de los Recursos Hídricos

A nivel internacional Thomas y Durham (2003) comparan diversos estudios de casos realizados en España, E.U., Australia e Israel realizados bajo el contexto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos explicando a través de estas investigaciones el porqué del desarrollo de alternativas enfocadas en los recursos hídricos. Twomlow *et al.*, (2003) confrontan dos paradigmas en relativo auge en el tema de los recursos naturales (agua y suelo) como lo son la Gestión Integrada de los Recursos Naturales y la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos estos dos contextos utilizados como una alternativa en el desarrollo de la Agricultura y el Medio Ambiente. En Etiopia Descheemaeker *et al.*, (2010) aplicó una metodología llamada gestión integrada de cuencas hidrográficas la cual tuvo como objetivos, caracterizar el sistema agrícola predominante en la cuenca y evaluar los efectos de la productividad hídrica pecuaria y sus intervenciones de manejo en dos cuencas seleccionadas lo cual ayudó a combatir la degradación de los suelos, aumentar la productividad agrícola y mejorar los medios de subsistencia.

En México y en específico en el Municipio de Lerma, Estado de México se está llevando a cabo un proyecto interdisciplinario realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México(UAEMEX), El Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) y la RED-LERMA, los cuales crearon una Guía de Planeación estratégica participativa para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

en la Cuenca Lerma-Chapala (Díaz *et al.*, 2009), la cual implementa la Metodología GIRH y que además incorpora para la evaluación, Indicadores de Presión-Estado Impacto- Respuesta (PEIR).

En la zona Sur oriente del Estado de México en específico en la parte alta de la Subcuenca Amecameca, en el 2012 se puso en marcha un proyecto que lleva por nombre “Programa de Saneamiento Integral de la Parte de la Alta de la Cuenca del Río Amecameca”, el cual tendrá como objetivo la construcción de seis plantas de tratamiento de aguas residuales en diferentes municipios de la Subcuenca, beneficiando a la población y ecosistemas de la zona en los rubro salud, reducción de la contaminación e impulso a la economía, las aguas tratadas que saldrán de estas plantas uno de sus principales usos serán para la agricultura local. (SEMARNAT-CONAGUA, 2012).

Por su parte López *et al.*, (2012) realizó una caracterización de la administración del sistema de abasto de agua para uso doméstico en la región de los volcanes: el papel de las comunidades, el cual se agrupa por diversas figuras administrativas, algunas de ellas son personajes propios de cada comunidad, contando con organización constituida jurídicamente, esta situación refleja los vacíos administrativos que tiene la región de los volcanes en el tema del agua.

III. JUSTIFICACIÓN

La ganadería a nivel nacional es una actividad productiva importante que contribuye a aumentar la economía en México. La producción de leche de vaca se realiza prácticamente en todo el territorio nacional; los sistemas de producción de leche en pequeña escala contribuyen con el 9.4% de la producción nacional (SAGARPA, 2000). En este tipo de producción destaca la zona suroriente del Estado de México, principalmente los municipios de Amecameca y Ayapango (Tapia, 2010). De acuerdo con el SIAP (2011), la producción de leche para todos los municipios que integran la Subcuenca es de 22.3 mil litros por año y solo para los municipios de Amecameca y Ayapango fue de 18 mil litros por año. La leche es un factor económico importante en la región para la elaboración y venta de subproductos lácteos artesanales, caracterizándose por utilizar en casi todos los sistemas de producción de leche la mano de obra familiar y la generación de una fuente primaria de ingresos familiares. Estas características de la producción láctea, enfatizan su relevancia socio-económica; pero a través del consumo que origina el sistema lácteo se desprende la siguiente pregunta:

¿Cuál es la presión que ejerce el sistema de producción de leche en pequeña escala sobre el volumen de agua asignada a la Subcuenca y cómo se administra, distribuye y concesiona este recurso a través de los distintos actores sociales?

A nivel local, en la Región Hidrológica No. XVIII “Aguas del Valle de México” existe un panorama de problemática hídrica al estar clasificada como una región con escasez hídrica absoluta y con acuíferos sobreexplotados como es el de Chalco-Amecameca (CONAGUA, 2009); acuífero cuyos usos de agua por volumen extraído destacan: público urbano 83.7%, público urbano sin concesión 10.3%, industrial 2.6% y agrícola 3.4%, la distribución promedio de agua en ambos municipios de Ayapango y Amecameca es de 139 L/habitante/día (Burns, 2009). Existiendo pocos estudios sobre consumo de agua tanto de bebida como de servicio en sistemas lecheros, todos realizados en sistemas de producción intensivos y no hay hasta el momento ningún estudio realizado en sistemas de producción de leche en pequeña escala. Es por ello la

necesidad de vislumbrar esta presión hídrica ejercida en una zona lechera con conflictos por competencia de usos.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de disponibilidad de agua merma la calidad de vida de la población, principalmente en las regiones rurales; situación que se acentúa con la falta de infiltración del recurso a los mantos acuíferos. Se argumenta que el agua es poca en comparación con las necesidades humanas y la crisis en este tema es una realidad manifestada, entre otros factores, por la utilización inadecuada del recurso hídrico (Villanueva, 2008). La CONAGUA (2009) menciona que la Región del Valle de México, está clasificada en escasez hídrica absoluta y que además los acuíferos de la subcuenca se encuentran sobreexplotados. Burns *et al.*, (2010) enumera algunos factores que describen el actual escenario hídrico en la subcuenca como: la falta de infiltración y recarga de los acuíferos, se da a consecuencia por la deforestación y exportación del agua de la Subcuenca; otro factor que tiene que ver más con la gestión del recurso es la distribución del líquido que llega al sistema de producción de leche, ya que dentro de la unidad de producción genera conflictos de intereses entre usos y usuarios del recurso. Bajo este escenario, es de importancia analizar las prácticas de manejo del recurso en los sistemas de producción de leche en pequeña escala para garantizar la productividad de manera sostenible de dicho producto alimenticio. Una reducción en la producción de leche por escasez de agua, se da por un inadecuado manejo de este recurso o una mala distribución que podría afectar severamente la economía familiar de los productores e indirectamente la economía local o regional. Así mismo, el aumento en el número de cabezas de ganado lechero que requiere de una cantidad considerable de agua para uso y consumo, pone de manifiesto la presión hídrica que ejerce el sector lácteo en la zona.

V. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Generales

¿Cuál es la gestión hídrica a través del enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la Subcuenca Amecameca?

Específicas

¿Cómo se lleva a cabo la administración de la gestión hídrica en la Subcuenca y en el Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE)?

¿Cuál es el consumo de agua en el Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE)?

¿Cuál es el impacto que tiene la ganadería lechera el consumo de agua del Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) en la Subcuenca?

VI. HIPÓTESIS

La gestión del agua influye en la distribución y disponibilidad del agua que se le aporta al Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala de la subcuenca Amecameca y pone en riesgo la sustentabilidad del sistema.

VII. OBJETIVOS

General

- Identificar y analizar la gestión hídrica a través del enfoque GIRH (Gestión Integrada de los Recursos Hídricos) en el Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) en la subcuenca Amecameca, Estado de México.

Específicos

- Identificar cómo se lleva a cabo la gestión hídrica en la Subcuenca y en el Sistema Producción de Leche Pequeña Escala (SPLPE).
- Determinar el consumo de agua bebida y servicio en el Sistema Producción de Leche Pequeña Escala (SPLPE).
- Establecer el impacto que tiene el consumo de agua por el Sistema Producción de Leche Pequeña Escala (SPLPE) en la Subcuenca.

VIII. MATERIAL Y MÉTODO

8.1 Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en la subcuenca Amecameca (Figura 1) en los municipios de Amecameca y Ayapango, situados al sur-oriental del Estado de México en las faldas de la Sierra Nevada, dentro de la provincia del eje volcánico y la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. El municipio de Amecameca se localiza entre las coordenadas geográficas $98^{\circ} 37' 34''$ y $98^{\circ} 49' 10''$ de longitud oeste y $19^{\circ} 3' 12''$ y $19^{\circ} 11' 2''$ de latitud norte, a una altura de 2,420 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo y registra una temperatura media anual de 14.1°C . Para el caso del municipio de Ayapango, se localiza entre las coordenadas $19^{\circ} 11'$ latitud norte y $98^{\circ} 45'$ de longitud oeste, se encuentra a una altura de 2,450 metros sobre el nivel del mar, su clima es subhúmedo con lluvias en verano (IGCEM, 2011). El trabajo de campo se realizó de septiembre a diciembre de 2012, ya que dentro de esta temporada comienza una disminución en la disponibilidad o suministro de agua a diferencia de la época de lluvias.

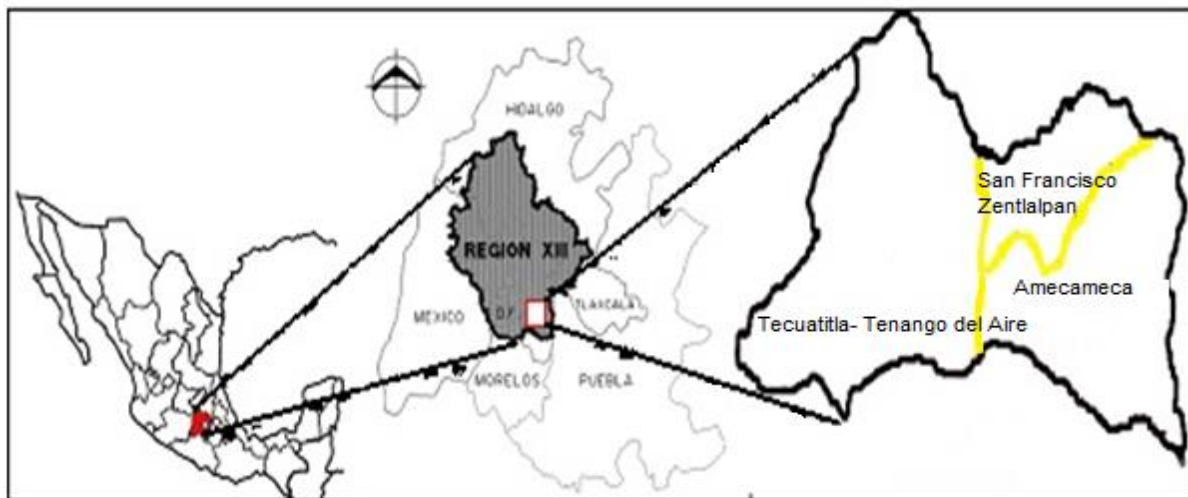


Figura 4. Croquis de localización de la Subcuenca Amecameca, Estado de México

Fuente: Elaboración propia

8.2 Selección de las poblaciones objetivo

La muestra se obtuvo con base a un conteo local que realizó (Puentes *et al.*, 2011) en el municipio de Amecameca, en donde contabilizó 138 unidades de producción en ambos municipios así se procedió a determinar el tamaño de muestra a través de la siguiente fórmula (Daniel, 2005):

$$n = \frac{N (n \times p)}{N (d^2) + (p \times q)}$$

- En donde:
- n= Tamaño de la muestra
- N= Población objetivo
- d= Precisión
- p= Probabilidad de éxito
- q= Probabilidad de fracaso

Por lo tanto, la muestra será de 22 unidades de producción, el muestreo se realizará en Amecameca y Ayapango pertenecientes a la Subcuenca Amecameca en el Estado de México (Ver Figura 4).

Además la segunda población objetivo fueron aquellos informantes claves dentro de la subcuenca por lo que se entrevistaron a seis de ellos pertenecientes a: la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Residencia de Operación Chalco-Sureste de la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM), Agua y Saneamiento de Amecameca, la Sexta Regiduría (Comisión de agua, drenaje y alcantarillado) del Municipio de Ayapango, la Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y la Compañía, y la Presidencia del Comité de Cuenca de la Delegación de San Francisco Zentlalpan del Municipio de Amecameca.

8.3 Gestión Integrada de Recursos Hídricos

Para la recopilación de los datos de esta investigación se aplicó la Metodología de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) propuesta por la *Global Water Partnership -GWP* (2008) y modificada por Díaz *et al.* (2010) que incluye un ciclo con siete etapas: 1.- Inicio, 2.- Visión, 3.- Análisis, 4.- Estrategias, 5.- Plan, 6.- Implementación y 7.- Evaluación. Tomando en cuenta que esta metodología se enfoca principalmente a aspectos socio-políticos con la finalidad de establecer planes que apoyen las políticas públicas en torno al agua. En este trabajo se realizó una modificación a la metodología de Díaz *et al.* (2010) con el propósito de alcanzar el objetivo de esta investigación (que no incluye la elaboración de un plan sino identificar y analizar la gestión hídrica en el sistema de producción de leche en pequeña escala). Dicha modificación consiste en dos aspectos prioritarios: (a) en lugar de aplicar las estrategias, se implementó una identificación de las dinámicas de los flujos de agua; y (b) se implementó un análisis regresivo, es decir, no considera primero el análisis para realizar posteriormente las estrategias sino éste es posterior a la identificación de las dinámicas ("estrategias"). Por lo tanto, se consideraron solo tres etapas: 1.- Visión, 2.- Dinámica y 3.- Análisis.

Etapa 1. Visión: permite caracterizar la situación actual de la subcuenca; es decir, el origen, disponibilidad, cantidad y usos del agua. Para desarrollar esta etapa se realizó una revisión documental y se entrevistaron a seis informantes clave de la subcuenca Amecameca.

Etapa 2. Dinámica: ayuda a identificar los flujos del agua en el sistema de producción de leche. Para esta etapa se levantó la información en la población objetivo (22 unidades de producción) con ayuda de una encuesta semiestructurada, esta etapa consistió en determinar principalmente dos flujos o consumos del agua: el agua de bebida y el agua de servicio. Para determinar el consumo de agua de bebida se cuantificó el volumen en litros que ingerían los animales por cada bebedero durante 24 horas; se localizaron los bebederos en cada unidad de producción, se midieron las dimensiones de los depósitos y éstos se llenaron un día antes para saber su capacidad

total. La diferencia entre la medición inicial y la final proporcionaron la cantidad de agua consumida. Estos valores permitieron determinar el consumo de agua de bebida por vaca. El consumo de agua de servicio se cuantificó con base al tipo de ordeño (mecánico o manual), el lavado de máquina, de ubre y el número de utensilios (botes, cubetas, trapos, coladeras, cepillos, etc.) manejados en la ordeña, es decir se midieron los litros de agua utilizados para el lavado de utensilios o maquinaria de forma manual según la capacidad de cada recipiente.

Etapa 3. Análisis: consiste en examinar de manera integral los factores que intervinieron o interactuaron en las dos etapas anteriores, tanto a nivel de subcuenca como dentro del sistema de producción de leche, con la finalidad de determinar de qué forma influye el volumen de agua utilizado por litro de leche producido en la disponibilidad total del agua dentro de la subcuenca. Es decir, analizar si la producción de leche en pequeña escala ejerce o no presión en el recurso agua y por ende en la gestión hídrica.

8.4 Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva, la cual consistió en obtener el promedio total del consumo de agua por parte de las variables a determinar para identificar el valor total de consumo de agua por litro de leche producida en el SPLPE. El análisis de los datos fue llevado a cabo a través del programa Excel (2010).

Variables

- Tamaño del Ato
- Vacas en producción
- Tipo de Ordeño (mecánico o manual)
- Producción láctea
- Agua de bebida (Ubicación del depósito, capacidad total, medición del consumo durante 24 horas).
- Agua de servicio (No. de utensilios, litros necesarios para la limpieza)
- Consumo total

IX. RESULTADOS

9.1 Publicación de un capítulo de libro

Capítulo de libro denominado ***“Caracterización de la gestión del agua en el sistema de producción de leche en pequeña escala, en la subcuenca de Amecameca, Estado de México”***, en el libro “Seguridad alimentaria y producción ganadera en unidades campesinas”, derivado del **14 Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria**, realizado del 16 al 18 de octubre del 2013.

Coordinadores

Beatriz A. Cavallotti Vázquez, Benito Ramírez Valverde, Alfredo Cesín Vargas,
Gustavo E. Rojo Martínez, Carlos F. Marcof Álvarez



Universidad Autónoma
Chapingo



Colegio de Postgraduados,
Campus Puebla



Colegio de Postgraduados,
Campus Puebla



Universidad Nacional
Autónoma de México

SEGURIDAD ALIMENTARIA Y PRODUCCIÓN GANADERA EN UNIDADES CAMPESINAS

Editor: Beatriz Nava Moreno
Diseño de Portada: Beatriz Nava Moreno
Diseño y formación de interiores: Gloria Villa Hernández

Primera edición, México, 16 de octubre de 2013.

ISBN: 977-833-444-0

D.R. © Universidad Autónoma Chapingo
Departamento de Zootecnia
Carretera México-Texcoco, km 38.5,
Chapingo, Estado de México.
Tel: 01 (595)952-1532
Fax: 01 (595) 952-1607

Se autoriza el uso de la información contenida en este libro para fines de enseñanza, investigación y difusión del conocimiento, siempre y cuando se haga referencia a la publicación y se den los créditos correspondientes a cada autor consultado.

Las opiniones expresadas en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los compiladores o de las instituciones titulares de los derechos de autor.

Impreso en México por Impresos América
Col. Santiago Cuautlalpan Calle Filiberto Gómez No. 8 Municipio de Texcoco Edo. de México
impresosamerica@yahoo.es Tel.: 01 595 92 108 98

CARACTERIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA, EN LA SUBCUENCA DE AMECAMECA, ESTADO DE MÉXICO.

Laura Dolores Rueda Quiroz¹, Luis Brunett Pérez², Enrique Espinosa Ayala² y Tizbe Teresa Arteaga Reyes³.

I.- Introducción

El mundo se encuentra actualmente en una crisis que ha ido creciendo, llevando consigo problemas de escasez y contaminación de agua así como modificaciones en el ciclo hidrológico (UNESCO, 2010). Por tanto, en los últimos años el recurso hídrico ha sido el tema central en la agenda de muchos países (Carbajal *et al.*, 2011). En 1992 se celebra la Declaración de Dublín sobre Agua y Medio Ambiente en donde expertos consideraron que la situación de los recursos hídricos mundiales se está volviendo crítica. En el 2002 se realiza la Cumbre Sobre Desarrollo Sostenible, en este encuentro se instó a los países del mundo a crear planes de gestión de sus recursos hídricos. En el 3er. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, llamado “El Agua en un Mundo en Cambio” realizado en el 2010, se menciona el aumento en el consumo de productos agrícolas para satisfacer las necesidades de las poblaciones siendo estos el motor principal de un mayor uso del agua, además hace referencia a las competencias por el agua y las deficiencias en la gestión del recurso las cuales exigen una mayor respuesta social a través de la administración y la legislación (UNESCO, 2010). En el 2006 se lleva a cabo en la Ciudad de México el Foro Mundial del Agua en donde se reafirma el compromiso de lograr las metas orientadas a la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Por ejemplo, en México el panorama sobre el tema del agua a nivel nacional es preocupante; para el gobierno de la República es ya un asunto de seguridad nacional. Carabias *et al.* (2005) enfatizan que la crisis del recurso pone en riesgo el desarrollo del país en los próximos años. A nivel local, en la Región Hidrológica No. XVIII “Aguas del Valle de México” existe un panorama similar; esta región está clasificada como una zona con escasez hídrica absoluta y con acuíferos sobreexplotados en Chalco-Amecameca (CONAGUA, 2009).

Ante dicha problemática hídrica global, surge una estrategia que da margen a la creación de planes sobre una mejor administración del recurso, creada por la Asociación Mundial para el Agua y la Red Internacional de Organismo de Cuenca (GWP-INBO, 2009). Para este estudio se aplicó la metodología de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). La cual tiene un enfoque socio-político, con una perspectiva sustentable (GWP, 2008). Esta metodología integra e involucra a todos los sectores y grupos de interés relacionados con el agua. Además ayuda a identificar las áreas y etapas clave que requieren

los procesos de participación y consulta para establecer las bases de una sólida cooperación intersectorial para el futuro (GWP-INBO, 2009).

En esta investigación, se destaca el uso con fines ganaderos, que es uno de los sectores productivos de la sociedad rural. FAO (2010) menciona que la ganadería emplea un 8% del líquido a nivel mundial. CONAGUA (2011) refiere a su vez que el uso consuntivo agrícola agrupado representa el 76.7% del agua concesionada a nivel nacional, este uso contempla varios empleos del agua además del riego agrícola como son: acuacultura, pecuario, múltiple y otros; pero no hace referencia específica al porcentaje de agua empleada a nivel nacional por la ganadería. En la Región Hidrológica Administrativa No. XIII "Aguas del Valle de México" a la cual pertenece la subcuenca Amecameca, CONAGUA (2009) puntualiza que el uso pecuario de agua representa un 0.09% (4.22 hm³/año) del volumen concesionado en la región.

Según Gallardo (2004) dentro de los sistemas en pequeña escala productores de leche (SPLPE) o familiares, los productores consideran a la actividad lechera como un complemento de la producción agrícola y cuentan con instalaciones rústicas dentro del establo. Estos cuentan con 3 a 20 vacas con sus respectivos remplazos; tienen superficies de tierra o rentan (Espinosa, 2009). Espinoza *et al.* (2008) mencionan que estos mismos aportan el 35% de la producción total y poseen el 18.9 % de las vientres en el país. Una de las características de mayor importancia dentro de las unidades de producción que conforman el sistema de producción en pequeña escala es la mano de obra utilizada, la cual es de tipo familiar, interviniendo todos sus miembros (Romero, 2010 y Tapia, 2010). Las instalaciones con las que cuentan son rústicas y el tipo de ganado manejado es de fenotipo Holstein con cruza de ganado Suizo o ganado criollo (Puente *et al.*, 2011). Para la ordeña de las vacas por lo general es a mano y en pocos casos mecanizada (Ortiz *et al.*, 2005). Según SIAP (2011) la producción de leche en ambos municipios fue de 18'005,840 litros/año. Se estima que la producción global de las queserías en la delegación de Poxtla Municipio de Ayapango, alcanza los 2,200 kg semanales, lo cual remite a una comercialización de aproximadamente 22,000 litros de leche (Romero *et al.*, 2011) utilizados en la elaboración de quesos de diferentes variedades, los cuales son comercializados en queserías locales o distribuidos en las ciudades de Cuautla, Cuernavaca y en el D.F. (Tapia, 2010). Por lo cual ambos municipios se consideran como una zona de producción de leche en pequeña escala de importancia regional. Reconociendo que la problemática mostrada ha sido abordada en el sistema de producción tecnificado, solo en el rubro de consumo y debido a la falta de información del tema en el sistema de producción de leche en pequeña escala.

El objetivo de la presente investigación fue determinar y analizar los principales factores que afectan la gestión hídrica del sistema familiar lácteo en la subcuenca Amecameca.

II.- Desarrollo del tema y aspectos metodológicos

El estudio se llevó a cabo en la subcuenca Amecameca (Figura 1) en los municipios de Amecameca y Ayapango, situados al sur-oriente del Estado de México en las faldas de la Sierra Nevada, dentro de la

provincia del eje volcánico y la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. El municipio de Amecameca se localiza entre las coordenadas geográficas 98° 37' 34" y 98° 49' 10" de longitud oeste y 19° 3' 12" y 19° 11' 2" de latitud norte, a una altura de 2,420 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo y registra una temperatura media anual de 14.1°C. Para el municipio de Ayapango se localiza entre las coordenadas, 19° 11' latitud norte y 98° 45' de longitud oeste, se encuentra a una altura de 2,450 metros sobre el nivel del mar, su clima es subhúmedo con lluvias en verano (IGECEM, 2011).



Figura 1. Subcuenca Amecameca

Fuente: Burns (2011)

Como primer paso se procedió a levantar la información en la población objetivo (22 unidades de producción) con ayuda de una encuesta semiestructurada (Cuadro1). Esta cifra se obtuvo gracias a un censo que realizó Puente (2011) en donde menciona que existen 193 productores en los municipios de Amecameca y Ayapango conjuntamente y con base a la fórmula referida en Daniel (2005) se obtuvo el tamaño de muestra.

Así mismo, se entrevistaron a seis informantes clave en la subcuenca pertenecientes a: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); Comisión de Agua del Estado de México (CAEM) residencia de Operación Chalco-Sureste; Agua y Saneamiento de Amecameca; 6to Regidor con la comisión de Agua, Drenaje y Alcantarillado del Municipio de Ayapango; Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y La Compañía y el Comité de Agua de la Delegación de San Francisco Zentlalpan, municipio de Amecameca. La metodología que se aplicó para la recopilación de los datos fue la propuesta por la Global WaterPartnership-GWP (2008) y modificada por Díaz *et al.* (2010) que incluye un ciclo con siete etapas: inicio, visión, análisis, estrategias, plan, implementación y evaluación. Se realizó una modificación a la metodología de Díaz *et al.* (2010) con el propósito de alcanzar el objetivo de esta investigación (que no incluye la elaboración de un plan sino identificar y analizar la gestión hídrica en el sistema de producción de leche en pequeña escala). Por tanto, se consideraron solo dos etapas: visión y análisis.

Etapa 1. Visión: permite caracterizar la situación actual de la subcuenca; es decir, el origen, disponibilidad, cantidad y usos del agua. Para desarrollar esta etapa se realizó una revisión documental y

se entrevistaron a seis informantes clave de la subcuenca Amecameca pertenecientes a: la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Residencia de Operación Chalco-Sureste de la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM), Agua y Saneamiento de Amecameca, la Sexta Regiduría (Comisión de agua, drenaje y alcantarillado) del Municipio de Ayapango, la Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y la Compañía, y la Presidencia del Comité de Cuenca de la Delegación de San Francisco Zentlalpan del Municipio de Amecameca.

Etapa 2. Análisis: consiste en examinar los factores que sobresalieron en la etapa anterior, tanto a nivel de subcuenca como dentro del sistema de producción de leche, con la finalidad de caracterizar la situación actual de la administración del agua tanto en el sistema de producción de leche como a nivel de subcuenca.

Cuadro 1. Características de las 22 Unidades de producción en el SPLPE

	Tamaño del hato cabezas/unidad de producción	Vacas		Producción láctea L/vaca/día	Tipo de ordeño Casos/unidad de producción	
		Producción	Secas		Mecánico	Manual
Promedio	16.6	8	2	14.7	14	8

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la investigación

Contexto regional.- La situación de los recursos hídricos en la región XVII “Aguas del valle de México” permite vislumbrar un panorama general de esta zona la cual, cuenta con una recarga media de los acuíferos de la región de 1710.60 hm³/año, teniendo una disponibilidad natural media por habitante de 135.71 m³/año. El uso público urbano utiliza más del 52%, el agrícola 32%, energía eléctrica 5%, industrial 6%, pecuario 0.09% y usos múltiples el 3% (CONAGUA, 2009).

En comparación a nivel de subcuenca Burns (2011) menciona que solo 136 millones de m³ de agua de lluvia son recargados en el acuífero de las Subcuencas Amecameca y la compañía anualmente, los diversos usos de agua por volumen extraído en el acuífero Chalco-Amecameca son los siguientes: uso público urbano sin concesión 10.3% industrial 2.7% y agrícola 3.4%, la distribución promedio para ambos municipios es de 139 L/habitante/día, por ultimo menciona que es mayor el volumen de extracción que el volumen de recarga en el acuífero; es así que CONAGUA (2002) ratifica estos datos mencionando que no existe disponibilidad de agua para el acuífero Chalco-Amecameca. El abastecimiento de agua potable para el municipio de Amecameca según el PDMU (2003), por captación de agua de deshielo es de 166 litros por segundo (l.p.s.) promedio anual, apoyando a este caudal el sistema sureste (seis pozos). Para el abastecimiento del recurso hídrico en el municipio de Ayapango de las diversas fuentes de extracción el aforo es de 50.4 l.p.s. La población total por ambos municipios según IGECM (2011) fue de 57,285 habitantes, los cuales según Burns (2011) consumen por uso público urbano el 83.7%. La tarifa bimestral

por toma (13 mm) de interés social y popular es de 2.17 salarios mínimos, teniendo un costo por salario de \$59 para ese año es decir anualmente se pagaría por toma domestica un total de \$1536 (Gaceta de Gobierno, 2012). Siguiendo el mismo contexto López *et al.* (2012) describen el monto por toma y por comunidad, las cuales varían unas de otras, siendo en la delegación de Zentlapan en donde el monto es mayor, en comparación con el costo en la delegación de Pahuacan perteneciente al municipio de Ayapango el cobro lo realiza una asociación civil que lleva por nombre “Comisión de aguas de Deshielo de los volcanes de Amecameca a esta asociación el comisariado ejidal de bienes comunales les paga una parte del dinero recaudado por el derecho de uso de aguas y se encarga además de vigilar y dar mantenimiento a la red hidráulica y en caso necesarios acuden al municipio de Ayapango a solicitar el servicio de pipas para su delegación (Cuadro 2). En comparación CONAFOVI (2005) reporta que los servicios a los que las familias de las poblaciones rurales tienen acceso son escasos y tienden a invertir en pipas en promedio \$200 pesos mexicanos mensuales.

Cuadro 2. Costo por toma de agua según el sistema de deshielo por municipio.

NOMBRE DEL SISTEMA DE DESHIELO	COMUNIDAD	MUNICIPIO AL QUE PERTENECE	ORGANISMO QUE COBRA LAS TARIFAS	COBRO POR	TARIFA ANUAL (pesos)
Morelos	Zentlapan	Amecameca	OPDPSASA	Toma	700
Gabriel Ramos Millán	Pahuacan	Ayapango	Comisión de aguas de deshielo	Toma	140
Sistema el Salto	Amecameca (Cabecera)	Amecameca	OPDPSASA	Toma	664

Fuente: Lopez *et al.* (2012)OPDPSASA (Organismo Público Descentralizado para la Presentación de los Servicios de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Amecameca).

Contexto local. Los resultados promedio de los datos obtenidos a partir de las entrevistas hechas a las poblaciones se presentan a continuación. Los usos del agua son diversos según las poblaciones encuestadas, el de mayor porcentaje es el uso doméstico para ambos municipios, para el caso del uso pecuario representa menos del 1 %, así mismo para el agrícola ya que en esta zona de estudio es característico la agricultura de temporal (Figura 2). El monto anual por toma domestica para Amecameca fue de \$729 y para Ayapango \$1153; el servicio de pipa municipal tuvo un costo de \$721 para Ameca y en Ayapango de \$550 según CAEM, las cuales tiene una capacidad de 10 000 Litros, estas son utilizadas por los habitantes en época de baja distribución del recurso en un 45% de los casos, esta época de disminución del recurso hídrico comprende los meses de Diciembre a Mayo, el origen del agua proviene de cuatro sistemas de deshielos (60%) y seis pozos llamados sistema sureste (40%), en la época de estiaje aunque la cantidad es menor de agua, se sigue abasteciendo de agua a la población.

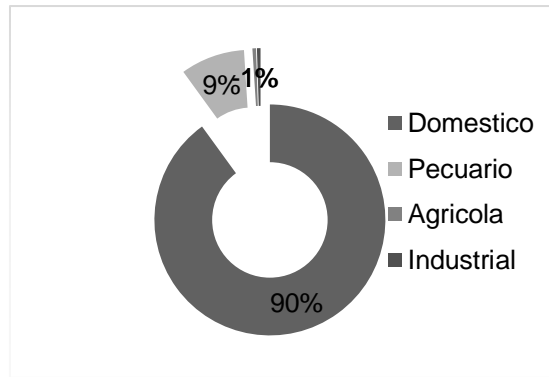


Figura 2. Usos del agua en los municipios de Amecameca y Ayapango

Fuente: Elaboración propia

El agua se almacena en diferentes tipos de depósitos con capacidades diversas según sea el caso (Figura 3). Los actores que administran el recurso dentro de los municipios en estudio son servidores públicos a nivel estatal (CAEM) y Municipal (Organismo público descentralizado de Agua y Saneamiento de Amecameca y a la 6° Regiduría con la Comisión de agua y alcantarillado del Municipio de Ayapango), ellos se encargan de cobrar cuotas (solo los municipios), reparar fugas, tandeo del recurso hídrico por bloque según la comunidad donde se esté distribuyendo. (López *et al.* 2012) mencionan que las funciones que desempeña CAEM en los sistemas de agua que están bajo su administración son los siguientes: limpieza, vigilancia, verificación, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de la red hidráulica; así como la asignación del volumen de agua para cada comunidad según el número de pobladores y la época del año, los municipios se encargan de pagar el volumen de agua que fue consumida a la comisión de agua del Estado de México (CAEM). Los criterios que toman en cuenta las autoridades municipales para instalar una toma municipal se basan en el suministro de agua potable que elijan los usuarios de acuerdo a la siguiente clasificación: Uso doméstico y no doméstico, para un uso equitativo en el pago de derecho del suministro de agua potable, el uso no domestico se clasifica de acuerdo al giro comercial que se esté solicitando: seco, semiseco y húmedo, los ranchos y establos se encuentran clasificados dentro del uso húmedo según la Gaceta de Gobierno (2012), pero las unidades de producción de leche cuentan con toma de uso doméstico y los administradores las consideran como tal, así como los solicitantes del servicio; ya que es una actividad complementaria. Burns (2009) refiere solo algunas granjas dedicadas a la cría de pollos y cerdos, pero no señala ninguna de las unidades dedicadas a la producción láctea de la zona dentro de los municipios de Amecameca y Ayapango. En la delegación de San Francisco Zentlalpan presenta la existencia de un comité de administración del agua, el cual gestiona los siguientes rubros: fijan cuotas (el pago es directamente al municipio), agrupamiento de pobladores para la realización de faenas de limpieza, reparación de fugas y el tandeo del recurso hídrico a través de la apertura de las distintas válvulas que se encuentran en la comunidad. La población objetivo menciona la existencia de este comité en 45% de los casos, este grupo está integrado por un

presidente, un secretario y un tesorero, los cuales integran el equipo de trabajo del delegado municipal, conformándose cada tres años. Por último en la delegación de Pahuacan en el Municipio de Ayapango, el cobro de las tomas domesticas lo realizan los pobladores a los comuneros propietarios de las tierras ejidales por donde pasa el Sistema de Deshielo que surte de agua a la delegación, es por ello que el monto que esta población realiza es inferior con respecto a las otras comunidades (Cuadro 2.). La población objetivo mencionó que la captación de agua les es suficiente dentro de la unidad de producción en un 77% de los casos, además calificaron el servicio de agua potable y la distribución del liquido dentro de su comunidad como irregular aludiendo que no es la misma cantidad que llega al centro de cada población en comparación a las periferias de la comunidad. Por último; casi la totalidad de la población (95%) estaría dispuesta a recurrir a la práctica de cosecha de agua de lluvia, siempre y cuando contarán con disponibilidad económica para realizarla y captarla en depósitos que les permitan almacenar una gran cantidad y utilizarla en temporada de estiaje, tanto para la limpieza de sus instalaciones y como agua de bebida para los animales, pero solo el 9% de los productores la llevan a cabo.

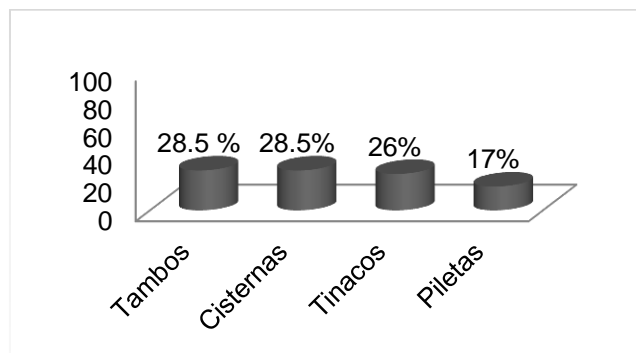


Figura 2. Tipos de depósitos para almacenar agua.

Fuente: Elaboración propia

Análisis. La caracterización de la administración hídrica a nivel de subcuenca permitió mostrar la diversidad de datos que existen de tres factores importantes en la gestión hídrica del recurso: Volumen concesionado de agua por comunidad, usos y costos. Donde esta última repercute a la economía de los habitantes de la zona en específico a los productores lácteos, agregando un insumo más a los costos de alimentación del ganado lechero, como se ha hecho mención existen variaciones entre las diferentes fuentes consultadas y la información obtenida por las diferentes poblaciones sobre los costos por toma de agua para ambos municipios, esto abre una brecha sobre el valor real que tiene el recurso para los administradores en turno, ya que discrepan unos sobre otros sin tomar en cuenta el valor real del agua hoy en día.

Los actores juegan un papel importante en la administración hídrica de la zona, desde los que se encuentra debidamente establecidos jurídicamente (estatales y municipales) hasta los que participan como un servicio que prestan a su comunidad (cargo honorífico) y las autoridades ejidales, estos últimos

dos encajan o son eslabones importantes en un sistema en donde la pieza más pequeña es necesaria, porque estos actores llenan los huecos en donde es necesaria la participación de las comunidades como usuarios del recurso

Por otro lado es pertinente señalar que aunque existen datos que muestran el volumen concesionado de agua promedio por municipio, estos valores no son actuales, vuelven a discrepar de una referencia a otra y no contemplan todas las fuentes de extracción del recurso hídrico. Cabe hacer mención que para generar una gestión del mismo, es necesario contar y contemplar con una visión actual del panorama del agua en la zona para generar políticas públicas que no solo brinden un bienestar socio-económico a la sociedad; sino garanticen un uso del agua correcto con una perspectiva sustentable, sin embargo y derivado de la investigación, se asume que es necesario contar con una mejora en la administración del recurso que aunque se cuenta con la cantidad necesaria para los servicios de la comunidad, no hay disponibilidad del mismo solo se cuenta con el volumen de agua que a cada comunidad se le concede y como se mencionó el volumen de recarga es inferior a este, por lo tanto no se está pensando en la cantidad de líquido que se le suministrara a la población futura.

En cuanto al origen del recurso hídrico es necesario voltear a ver las señales de alarma sobre el problema hídrico con respecto al consumo de agua en la zona y las consecuencias que genera como es la sobreexplotación y las secuelas del actual calentamiento global por mencionar de las más importantes dando como resultado la desaparición de alguna fuente de extracción del recurso hídrico a mediano plazo, que llevaría consigo conflictos sociales por competencia de usos, es ahí donde deben de intervenir los diferentes usuarios del recurso para generar mejoras en la gestión del agua que implicaría una visión actual de la problemática, sin dejar de contemplar ningún uso del agua, aunque la referencias marcan porcentajes mínimos del uso del líquido por empleo pecuario, es necesario tomar en cuenta el uso ganadero en específico el impacto que ejerce en esta zona lechera el sistema de producción de leche en pequeña escala que aunque es mínimo se deberá de tomar en cuenta este uso en el diseño de políticas públicas. Además cada población cuenta con diferentes y diversas fuentes de extracción de agua (superficial o subterráneas) por lo que esto se ve reflejado en el volumen de agua que se le concede por temporada es decir; las comunidades que son abastecidas con algún sistema de deshielo el volumen de agua tiende a ser irregular durante el transcurso del año y por consecuencia la población en época de estiaje comienza a presentar problemas de disponibilidad del recurso.

La cosecha de agua de lluvia se vislumbra como una posible solución, ya que solo el 9% de los productores encuestados llevan a cabo esta práctica que desde una perspectiva sustentable le ahorraría a gran parte de la población el costo por los servicios de agua potable, pero será necesaria una capacitación a los usuarios que garantice un calidad en el recurso captado.

III.- Conclusiones

Los factores que afectaron a la gestión hídrica fueron los siguientes: Volumen concesionado, monto económico y usos, visualizados a partir de la primera etapa de la metodología. Las unidades de producción de leche son un reflejo del sistema de producción de leche en pequeña escala que se encuentra en la zona, el costo económico que genera disponer de agua en el sistema de producción es un factor que afectó directamente a este sistema. Aunque estos factores se administran y generan a nivel macro afectan a nivel micro es decir, a las unidades de producción, ya sea de forma directa como indirectamente. Estos resultados demuestran que existen huecos en la administración del líquido tanto en la gestión a nivel de subcuenca como dentro del sistema de producción lácteo, los administradores del recurso (estatales, municipales, delegacionales y ejidales) solo ejercen el papel de suministrar, reparar y mantener, pero no contemplan el papel de conservarlo sustentablemente, ya que entre más eficiente sea la gestión del agua y cuente con datos actuales que permitan una mejor administración se podrá visualizar un mejor futuro en el suministro del mismo para las próximas generaciones de la zona y sus actividades productivas entre ellas la producción láctea, que es en este rubro donde la administración por las comunidades es necesaria porque nadie más que ellas saben de las necesidades que requiere cada población. Desde un punto de vista social al ser el agua un recurso importante para toda actividad productiva de la sociedad un déficit en los factores (volumen concesionado y usos del agua) que integran la gestión hídrica, generara conflictos por competencia de usos, afectando a las familias que depende de la actividad lechera en la zona y que hoy en día está generando problemas hídricos en la región. Finalmente, el trabajo de investigación permitió identificar a los principales actores que participan en la gestión del agua, así como sus funciones. En cuanto a la metodología GIRH, se rescatan diferentes aspectos que permiten tener un mejor acercamiento a la problemática del agua y sería conveniente continuar con las diferentes etapas con la intención de llegar a construir un plan de acción que permita orientar acciones hacia la sustentabilidad del recurso hídrico.

Nota.- La presente investigación forma parte del mega proyecto de "Evaluación de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción en Pequeña Escala" con apoyo del CONACyT 129449

IV.- Literatura citada

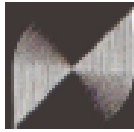
- Burns E. 2009. Repensar la cuenca. La gestión de ciclos del agua en el Valle de México. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Burns E. Coord. 2011. Plan Hídrico para las Subcuencas Amecameca, la Compañía y Tláhuac Xico. Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión de cuenca de los ríos Amecameca y la Compañía. México

- Carabias J. y Landa R. 2005. "Agua, Medio Ambiente y Sociedad: Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en México". Ed. UNAM, Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte. México. D.F.
- Carbajal E., Campos H. y Calderón R. 2011. Políticas de conservación y manejo del agua en el estado de México, caso: "Santuario del agua Valle de Bravo". Quivera. No. 2011-2: 63-92.
- CONAFOVI. 2005. Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales [Folleto]. CONAFOVI. México, D. F.
- CONAGUA. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Chalco-Amecameca, Estado de México. Comisión Nacional de Agua, Subdirección General Técnica, Gerencia de aguas subterráneas. México, D.F.
- CONAGUA. 2009. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Primera Edición. Comisión Nacional del Agua, Edit. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Coyoacán, México, D.F. Consultado en: www.conagua.gob.mx
- CONAGUA 2011. Estadísticas del agua en México. Edición 2011. Comisión Nacional del Agua, Edit. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tlalpan, México, D.F. Consultado en: www.conagua.gob.mx
- Díaz C., Esteller M. V., Velasco A., Martínez J., Arriaga C. M., Vilchis A. Y., Manzano L., Colín M., Miranda S., Uribe M. L. y Peña A. (2009) Guía de Planeación Estratégica Participativa para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, Capítulo Estado de México, Red Interinstitucional e Interdisciplinaria de Investigación, Consulta y Coordinación Científica para la Recuperación de la Cuenca, 1era. Edición, México.
- Daniel, W. 2005. Bioestadística. 4ª Edición, Editorial Limusa, Madrid, España.
- Espinosa, A. E. 2009. La competitividad del Sistema Agroalimentario Localizado productor de quesos tradicionales Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Espinoza O., Rivera H., y García H. 2008. Los Canales y Márgenes de Comercialización de Leche la Cruda Producida en Sistema Familiar (Estudio de Caso). Veterinaria México. 39 (001).
- Gaceta de Gobierno de Gobierno del Estado de México. (2012). Tarifas para red de distribución de agua potable para el municipio de Amecameca. Comisión de agua del Estado de México.
- Gallardo N. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería.

- GWP-INBO. 2009. Manual para la gestión Integrada de los Recursos Hídricos. GWP (Global Water Partnership) e INBO (*International Network of Basin Organizations*, INBO). Paris, Francia.
- GWP. 2008. Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Bases para el Desarrollo de Planes Nacionales. GWP (*Global Water Partnership*) Centro y Sudamerica. Edit. Elanders. Brasil.
- IGECEM. 2011a. Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango. Gobierno del Estado de México. México.
- IGECEM. 2011b. Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Amecameca. Gobierno del Estado de México. México.
- Lopez S., Martínez S. y Palerm J. (2012). La administración de sistemas de abasto de agua para uso doméstico en la región de los volcanes: el papel de las comunidades. Segundo Congreso Red de Investigadores Sociales sobre el agua. Universidad de Guanajuato. México.
- Ortiz S., García T. y Morales T. (2005). Manejo de Bovinos Productores de leche. Colegio de Posgraduados. Secretaria de la reforma agraria.
- PDU 2003a. Plan Municipal de Desarrollo Urbano Amecameca. Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Urbano.
- PDU 2003b. Plan Municipal de Desarrollo Urbano Amecameca. Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Urbano.
- Puente J., Brunett L., Espinosa E. y Márquez O. 2011. Calculo del consumo de energía en la producción de leche en pequeña escala, Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U.A.EM., Toluca, Estado de México, México.
- Romero A. G. 2010. Caracterización del Agroecosistema de Producción de Leche en el Municipio de Ayapango, Estado de México. Tesis de Licenciatura en MVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca, Noviembre.
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Tabulado Municipal- Producción Leche-Bovino, Caprino. Consulta en Internet: www.siap.gob.mx
- Tapia R., 2010. Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en Agroecosistemas de producción de leche en San Francisco Zentlalpan Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México. Tesis de Licenciatura en MVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- UNESCO. 2010. El Agua en un mundo en cambio. 3er. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Sevilla, España.

9.2 Artículo científico enviado

Se envió para su evaluación el artículo intitulado: **“GESTIÓN HÍDRICA EN EL SISTEMA FAMILIAR LÁCTEO DE LA SUBCUENCA AMECAMECA EN EL ESTADO DE MÉXICO”**, el día 7 de diciembre del 2013 a la revista del Colegio de Posgraduados **“Agricultura Sociedad y Desarrollo”**.



CARTA RECEPCIÓN

Laura Dolores Rueda Quiroz

Le comunico haber recibido su contribución para iniciar el proceso en la revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD). Al artículo se le asignó la clave ASD-13-095.

Título: GESTIÓN HÍDRICA EN EL SISTEMA FAMILIAR LÁCTEO DE LA SUBCUENCA AMECAMECA EN EL ESTADO DE MÉXICO

Autores: Laura Dolores Rueda Quiroz, Luis Brunett Pérez, Enrique Espinoza Ayala y Tizbe Teresa Arteaga Reyes

Su contribución ha sido formalmente recibida. Copias de la misma serán enviadas a dos árbitros y a un editor, quienes evaluarán su contenido. Oportunamente se le comunicará los dictámenes respectivos.

El Director de ASyD

Dr. Benito Ramírez Valverde

Revista incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT



Gobierno: Iny. 4, Esquina Avenida Hidalgo, 26270, San Luis Potosí, Tlaxiaco, Estado de México.
(545) 426-40-13 • asud@alpa.mx

**GESTIÓN HÍDRICA EN EL SISTEMA FAMILIAR LÁCTEO DE LA SUBCUENCA
AMECAMECA EN EL ESTADO DE MÉXICO**

**WATER MANAGEMENT IN SMALL SCALE FAMILY MILK PRODUCTION SYSTEM
AT AMECAMECA SUBBASIN, STATE OF MEXICO**

Laura Dolores Rueda Quiroz, Luis Brunett Pérez, Enrique Espinosa Ayala, Tizbe Teresa
Arteaga Reyes.

RESUMEN

...Una de las actividades pecuarias de la sociedad que más agua consume es la producción láctea. Por ello el objetivo de esta investigación fue identificar y analizar la gestión hídrica a través del enfoque GIRH (Gestión Integrada de los Recursos Hídricos) en el sistema de producción de leche en pequeña escala en la subcuenca de Amecameca. Para ello se aplicó parte (tres fases) de la metodología de GIRH. Se recolectó la información de 22 unidades de producción y seis informantes clave de diversas dependencias a nivel federal, estatal, municipal y delegacional. El análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva. El trabajo muestra los siguientes resultados. El costo anual promedio por pago de agua fue de \$2925 pesos mexicanos (toma municipal y pipa). El agua proviene de seis pozos y cuatro sistemas de deshielos. El periodo de baja disponibilidad de agua es de Diciembre a Mayo. En promedio se requiere un total de 6.6 L de agua (incluye consumo y para servicio de limpieza) para producir un litro de leche dentro del sistema. Por lo tanto, el sistema familiar lácteo es parcialmente ineficiente en el consumo hídrico de agua de bebida (5.6 L de agua por litro de leche) si se compara con otras investigaciones publicadas. A pesar de ello el

sistema genera una presión hídrica mínima (2.2%) sobre el volumen de agua concesionada en la zona de estudio. A partir de las fases del GIRH se determinó el rol que juegan actores sociales en la distribución, uso y costo del agua.

Palabras clave: producción de leche, gestión del agua, conversión agua-leche.

ABSTRACT

Milk production, is one of the livestock society activities that consumes the most water. Hence, the objective of the current research was to identify and to analyse water management throughout the IWRM approach (Integrated Water Resources Management) in small scale milk production system at Amecameca subbasin. In order to achieve it, part (three stages) of the IWRM methodology was applied. Information was collected from 22 production units and from six key informants at federal, state, municipal and county level agencies. Statistical analysis was performed using descriptive statistics. Results of the study are as follow. Average annual cost for the payment of water was \$2925 Mexican Pesos (piped municipal and tank supplies). Water supply is from six wells and four snowmelt systems. Low water availability period is from December to May. On average, 6.6 L of water (including drinking consumption and cleaning) are required in total in order to produce one litre of milk within the system. Therefore, the family milk system is partially inefficient in the consumption of drinking water (5.6 L of water per litre of milk) when compared with other published researches. Nonetheless the system has a minimum pressure on water (2.2%) regarding the volume of water exploitation rights in the study area. Social stakeholders' roles in the supply, use and costs of water were determined through the stages of IWRM.

Key words: milk production, water management, water-milk conversion

INTRODUCCIÓN

El mundo se encuentra actualmente en una creciente crisis sobre el uso de los recursos naturales, llevando consigo problemas de escasez y contaminación de agua así como modificaciones en el ciclo hidrológico (UNESCO, 2010). Por tanto, en los últimos años el recurso hídrico ha sido el tema central en la agenda de muchos países (Carbajal *et al.*, 2011). En 1992, en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente se crearon los principios de Dublín, a partir de los cuales se fundamenta el enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GWP, 2003). En el 2002 se realiza la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible, encuentro en el cual se instó a los países del mundo a crear planes de gestión de sus recursos hídricos (GWP, 2008). A nivel nacional, en México se formula el Plan Nacional Hidráulico 2001-2006 para plasmar las nuevas formas de políticas hídricas y de gestión del recurso. En el 2006 se lleva a cabo en la Ciudad de México el Foro Mundial del Agua en donde se reafirma el compromiso de lograr las metas orientadas a la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

En México el panorama sobre el tema del agua a nivel nacional es preocupante para el gobierno de la República; es ya un asunto de seguridad nacional. Carabias y Landa (2005) enfatizan que la crisis del agua pone en riesgo el desarrollo que pudiera tener el país en los próximos años. A nivel local, en la Región Hidrológica No. XVIII “Aguas del Valle de México” existe un panorama similar al estar clasificada como una región con escasez hídrica absoluta y con acuíferos sobreexplotados como es el de Chalco-Amecameca (CONAGUA, 2009); acuífero cuyos usos de agua por volumen extraído

destacan: público urbano 83.7%, público urbano sin concesión 10.3%, industrial 2.6% y agrícola 3.4%, la distribución promedio de agua en ambos municipios de Ayapango y Amecameca es de 139 L/habitante/día (Burns, 2009). En el 2012, la tarifa bimestral por toma (13 mm) de interés social y popular fue de 2.17 salarios mínimos, considerando un costo por salario de \$59 pesos para ese año (Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2012). En el mismo año, los Gobiernos Federal y Estatal pusieron en marcha el proyecto “Programa de Saneamiento Integral de la Parte Alta de la Cuenca del Río Amecameca”, cuyo objetivo es la construcción de seis plantas de tratamiento de aguas residuales en diferentes municipios de la Subcuenca (SEMARNAT-CONAGUA, 2012).

Ante la problemática hídrica global, surge una estrategia que da margen a la creación de planes sobre una mejor administración del recurso llamada Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la cual fue creada por la Asociación Mundial para el Agua y la Red Internacional de Organismo de Cuenca (GWP-INBO, 2009). Para el presente estudio se aplicaron tres de los siete pasos que propone la metodología de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la cual tiene un enfoque socio-político que ayuda a una mejor administración del recurso a través de actividades que generen planes de trabajo, que tengan una perspectiva sustentable (social, económica y ambiental) y que involucren a todos los usuarios del recurso (GWP, 2008).

En este contexto, Berghuber *et al.* (2010) menciona que la gestión del agua está estrechamente ligada con el conocimiento práctico de una comunidad para satisfacer las necesidades hídricas que tiene. La gestión es la administración de cualquier recurso y se lleva a cabo a través de un proceso coordinado que busca lograr los objetivos organizacionales establecidos de forma eficaz a través de sus distintas fases

(planeación, organización, dirección y control) (Steiner, 1998). Soares (2007) señala que debido a la creciente conflictividad social entorno al agua se debe de reconocer al recurso hídrico desde otra perspectiva, no sólo como un bien público con el que cuenta la sociedad sino desde un enfoque económico dándole el valor que en verdad tiene el recurso para que a partir de esta perspectiva, se generen políticas públicas alrededor de este vital recurso. Por su parte, Aguilar (2009) menciona que el recurso agua tiene valor en sí mismo, pero se debe de tener cuidado con la naturaleza de ese precio ya que el costo social es indiscutible y el económico innegable. Según González (2008), el valor del agua depende del uso que se esté haciendo del recurso (doméstico, industrial, agrícola) así como de la valoración como un recurso público ambiental; sin embargo, al ser considerado durante mucho tiempo como un recurso abundante, se mantiene la idea errónea de ser un bien gratuito.

Ante este panorama, el problema del agua es realmente preocupante, más aún en las comunidades rurales, tanto en su abundancia por ocasionar desastres naturales como por su escasez debido a las prácticas agrícolas y ganaderas de los productores (Villanueva, 2008).

Uno de los sectores productivos de la sociedad rural es la actividad ganadera, en específico la lechera. Steinfeld *et al.* (2009) menciona que el consumo de agua por la ganadería contribuye al agotamiento del recurso, a un nivel elevado y en constante crecimiento; pronostica que en las próximas décadas el uso pecuario experimentará un aumento en el utilización del agua de un 50%. La FAO (2010) menciona que la ganadería emplea un 8% del líquido a nivel mundial.

Según Gallardo (2004), dentro del sistema de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) o familiar, los productores consideran a la actividad lechera como un complemento de la producción agrícola y cuentan con instalaciones rústicas dentro del establo. Estos sistemas cuentan con 3 a 20 vacas con sus respectivos remplazos; tienen superficies de tierra o rentan (Espinosa, 2009). SAGARPA (2000) reporta que el SPLPE aporta a la producción nacional 70 millones de litros de leche anuales representados por el 9.4%; en el mismo contexto SIAP (2006) menciona que este sistema aportan el 9.8% a la producción del país y poseen el 18.9% de los vientres en el país.

Dentro de la Subcuenca Amecameca se ubican los municipios de Amecameca, Ayapango, Tenango del Aire, Tlalmanalco y Juchitepec. De acuerdo con el SIAP (2011), la producción de leche para todos los municipios que integran la Subcuenca es de 22'330.95 litros por año y solo para los municipios de Amecameca y Ayapango fue de 18'005.840 litros por año; en estas localidades se cuentan con 1032 vientres para producción láctea (INEGI, 2007); y la SEDAGRO (2006) considera a ambos municipios como una micro-cuenca lechera.

El objetivo en esta investigación es reconocer y analizar la gestión hídrica a través del enfoque GIRH en el sistema familiar lácteo en la Subcuenca Amecameca para determinar la conversión agua-leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la subcuenca Amecameca (Figura 1) en los municipios de Amecameca y Ayapango, situados al sur-oriental del Estado de México en las faldas de la Sierra Nevada, dentro de la provincia del eje volcánico y la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. El municipio de Amecameca se localiza entre las coordenadas geográficas $98^{\circ} 37' 34''$ y $98^{\circ} 49' 10''$ de longitud oeste y $19^{\circ} 3' 12''$ y $19^{\circ} 11' 2''$ de latitud norte, a una altura de 2,420 metros sobre el nivel del mar; el clima es templado subhúmedo y registra una temperatura media anual de 14.1°C . Para el caso del municipio de Ayapango, se localiza entre las coordenadas, $19^{\circ} 11'$ latitud norte y $98^{\circ} 45'$ de longitud oeste, se encuentra a una altura de 2,450 metros sobre el nivel del mar, su clima es subhúmedo con lluvias en verano (IGCEM, 2011). El trabajo de campo se realizó de septiembre a diciembre de 2012 ya que dentro de esta temporada comienza una disminución en la disponibilidad o suministro de agua a diferencia de la época de lluvias.

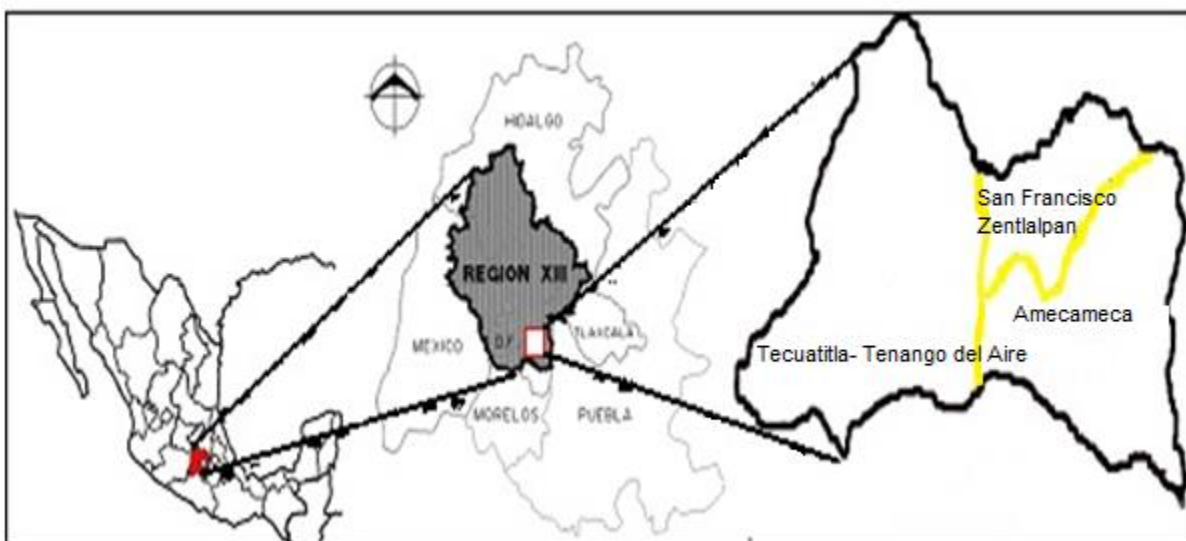


Fig. 1 Localización de la Subcuenca Amecameca, Estado de México.

Fuente: Elaboración propia

Para la recopilación de los datos, en esta investigación se aplicó la Metodología de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) propuesta por la *Global Water Partnership* -GWP (2008) y modificada por Díaz *et al.* (2009), que incluye un ciclo con siete etapas: (1) Inicio, (2) Visión, (3) Análisis, (4) Estrategias, (5) Plan, (6) Implementación y (7) Evaluación. Tomando en cuenta que esta metodología se enfoca principalmente a aspectos socio-políticos para establecer planes que apoyen las políticas públicas en torno al agua, en este trabajo se realizó una modificación a la metodología de Díaz *et al.* (2009) para alcanzar el objetivo de esta investigación, que no incluye la elaboración de un plan sino identificar y analizar la gestión hídrica en el sistema de producción de leche en pequeña escala. Dicha modificación consiste en dos aspectos prioritarios: (a) en lugar de aplicar las estrategias (correspondiente a la etapa cuatro), se implementó una identificación de las dinámicas de los flujos de agua; y (b) se incluyó un análisis regresivo, es decir, primero se identifican las dinámicas ("estrategias") y posteriormente se realiza el análisis. Por lo tanto, se consideraron solo tres etapas: (1) Visión, (2) Dinámica y (3) Análisis.

Etapa 1. Visión. Permite caracterizar la situación actual de la subcuenca; es decir, el origen, disponibilidad, cantidad, usos del agua y la tarifa anual promedio del agua en bloque del servicio doméstico de toma municipal. Esta etapa incluyó una revisión documental y se entrevistaron a seis informantes clave de la Subcuenca Amecameca pertenecientes a: la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Residencia de Operación Chalco-Sureste de la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM), Agua y Saneamiento de Amecameca, la Sexta Regiduría (Comisión de agua, drenaje y

alcantarillado) del municipio de Ayapango, la Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y la Compañía, y la Presidencia del Comité de Cuenca de la Delegación de San Francisco Zentlalpan del municipio de Amecameca.

Etapa 2. Dinámica. Ayuda a identificar los flujos del agua en el sistema de producción de leche. Para esta etapa, se levantó la información en la población objetivo (22 unidades de producción) a través de una encuesta semiestructurada; este tamaño de muestra se determinó a partir de la fórmula referida en Daniel (2005) y considerando el censo realizado por Puente *et al.* (2011), quienes mencionan que existen 193 productores en los municipios de Amecameca y Ayapango. En esta etapa se determinaron principalmente dos flujos o consumos y usos del agua: el agua de bebida y el agua de servicio, además de otros factores como el costo anual promedio del servicio de toma de agua municipal. El consumo de agua de bebida se cuantificó a través del volumen en litros que ingerían las vacas por cada bebedero durante 24 horas; se identificaron los bebederos en cada unidad de producción, se midieron las dimensiones de los depósitos y éstos se llenaron un día antes de la cuantificación para saber su capacidad total. La diferencia entre la medición inicial y la final proporcionaron la cantidad de agua consumida. El uso de agua de servicio se cuantificó en función del tipo de ordeño (mecánico o manual), el lavado de máquina, de ubre y el número de utensilios (botes, cubetas, trapos, coladeras, cepillos, etc.) manejados en la ordeña. Se determinaron los litros de agua o volúmenes utilizados para el lavado de utensilios o maquinaria de forma manual según la capacidad de cada recipiente; es decir, se midió el tiempo en que se llenaba una cubeta de 20 litros (44 segundos) y se cronometró el tiempo destinado a actividades de limpieza.

Etapa 3. Análisis. Consiste en examinar de manera integral los factores que intervinieron o interactuaron en las dos etapas anteriores (Visión y Dinámica), tanto a nivel de subcuenca como dentro del sistema de producción de leche, con la finalidad de determinar de qué forma influye el volumen de agua consumida-utilizada por litro de leche producido en la disponibilidad total del agua dentro de la subcuenca. Es decir, analizar si la producción de leche en pequeña escala ejerce o no presión en el recurso agua y por ende en la gestión hídrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contexto local

Los dos primeros apartados (“Contexto local” y “Fuentes de abastecimiento, disponibilidad y distribución de agua”) de esta sección de “Resultados y Discusión”, corresponden a la primera etapa “Visión” de la metodología de análisis utilizada en este estudio. Los actores que administran el recurso agua en los municipios de Amecameca y Ayapango son servidores públicos a nivel estatal de la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM) y municipal (Organismo Público Descentralizado de Agua y Saneamiento de Amecameca y la 6° Regiduría con la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Ayapango). Los municipios se encargan de cobrar cuotas, reparar fugas, el tandeo del recurso hídrico por bloque, entre otras funciones. Por ejemplo, en la delegación de San Francisco Zentlalpan municipio de Amecameca existe un comité de administración del agua, que se integra por un presidente, un secretario y un tesorero pertenecientes al equipo de trabajo del delegado municipal (Rueda *et al.*, 2013). El 45% de las 22 unidades de producción encuestadas mencionó

la existencia del comité, el cual se conforma cada tres años y se encarga de fijar las cuotas para el pago directamente al municipio, el agrupamiento de pobladores para la realización de faenas de limpieza, la reparación de fugas y el tandeo del recurso hídrico (a través de la apertura de las distintas válvulas que se encuentran en la comunidad). En el caso de la delegación de Pahuacan municipio de Ayapango, el pago de agua de las tomas domésticas lo realizan los pobladores a los ejidatarios propietarios de las tierras por donde pasa el “Sistema de Deshielo” que surte de agua a la delegación (López *et al.*, 2013).

Resultados de las entrevistas a funcionarios de la CAEM y las encuestas aplicadas a la “población objetivo” registran diferencias entre ambos. Por ejemplo, en el SPLPE de la Subcuenca Amecameca el uso doméstico del agua representó el 90% y el uso pecuario el 10%. Según la CAEM dentro de la subcuenca el uso doméstico constituyó el 90%, el pecuario (8%), agrícola (0.5%) e industrial (1.5%). Los costos promedio por el servicio de toma municipal para SPLPE fueron de \$825.00 y según CAEM de \$1270.00; las pipas tuvieron un costo promedio de \$419.00 dentro del SPLPE en comparación con lo reportado por CAEM de \$543; A nivel local dentro del SPLPE la distribución de recurso que llega a las unidades de producción es por toma municipal (95%); en épocas de escasez el 36% de los productores se abastecen de agua a través del servicio de pipas dentro de este servicio el uso privado representó el 81% y el municipal del 19%; empleando un promedio de 5 pipas/anuales dentro del SPLPE. Las pipas tienen una capacidad de 10 000 Litros. La época de escasez del recurso es en los meses de Diciembre a Mayo, los cuales coinciden con un mayor empleo de pipas por el SPLPE que se encuentran en las periferias de los municipios. Según CAEM en promedio se

utilizan 61 pipas en los Meses de Noviembre a Diciembre para la población de la zona de estudio.

Fuentes de abastecimiento, disponibilidad y distribución de agua

....Según la CAEM el agua proviene de los deshielos en un 60% y de los pozos en un 40%. La distribución o cobertura de agua para la población por toma doméstica municipal fue del 90%, pero en época de escasez del recurso agua los habitantes de la zona recurren a la compra de pipas en un 45% y en época de lluvias, solo el 9% de los productores recurren a la cosecha de agua.

Al examinar los factores que interactúan a nivel de la Subcuenca Amecameca y dentro del SPLPE, se identificaron algunos factores que influyeron directa o indirectamente en la gestión del recurso agua. Por ejemplo, existe una distribución irregular del agua entre las cabeceras municipales que son abastecidas por dos o más fuentes de extracción de agua a diferencia de las delegaciones que solo cuenta con un sistema de deshielo que las suministra y según la época del año disminuye el agua que llega a la localidad. Ante esta problemática, los productores cubren el suministro de agua a través del uso de pipas, lo cual también implica un costo. La CONAFOVI (2005) reporta que los servicios a los que las familias de las poblaciones rurales tienen acceso son escasos y tienden a invertir en pipas en promedio \$200 pesos mexicanos mensuales. Un ejemplo claro es el gasto que realiza el SPLPE de la Subcuenca Amecameca que en promedio es de \$2920 anuales (incluye los costos de toma municipal más cinco pipas anuales en promedio). La época de escasez o disminución del recurso agua es en el periodo de diciembre a mayo, periodo que coincide con un mayor empleo de pipas por el SPLPE,

principalmente las unidades de producción que se encuentran en las periferias de los municipios. Según la CAEM, en promedio para la población de la zona de estudio se utilizan 61 pipas en los meses de noviembre y diciembre. Esta es una de las cifras que difiere en mayor medida entre lo reportado por la CAEM y los encuestados; ya que CAEM considera a todas las viviendas de la zona de estudio y no solamente a las unidades de producción. Los tres principales factores que interactuaron e influyeron en las unidades de producción del SPLPE en la subcuenca Amecameca fueron los costos de suministro de agua, la forma de distribución del agua (toma doméstica municipal o servicio de pipa) y el tipo de servicio de pipa (privado o municipal), los cuales tiene una tarifa promedio de \$550 para el primer caso y para el segundo de \$350.

López *et al.* (2013) mencionan que los municipios se encargan de pagar el volumen de agua que fue consumido a la CAEM y entre las funciones que desempeña la CAEM en los sistemas de agua que están bajo su administración se enlistan: limpieza, vigilancia, verificación, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de la red hidráulica así como la asignación del volumen de agua para cada comunidad según el número de pobladores y la época del año. Para instalar una toma municipal de agua, los usuarios elijen el suministro de agua potable de acuerdo a la clasificación de uso doméstico o no doméstico (Rueda *et al.*, 2013). Para un pago equitativo de derechos por el suministro de agua potable, el uso no doméstico se clasifica en función del giro comercial que se esté solicitando: seco, semisecho y húmedo. Los ranchos y establos se encuentran clasificados dentro del uso húmedo según la Gaceta del Gobierno del Estado de México (2012). Sin embargo, como las unidades de producción del sistema productor de leche en pequeña escala (SPLPE) o familiar en al área de estudio se ubican dentro del mismo

terreno o propiedad de la vivienda, cuentan con una toma de agua de uso doméstico y por tanto, los administradores y los solicitantes del servicio las consideran como tal.

Consumo de agua dentro del sistema de producción de leche en pequeña escala

...Las entrevistas a los 22 productores del SPLPE permitieron identificar los dos flujos de agua en el sistema de producción: el consumo de agua de bebida y el agua de servicio. Estos valores corresponden a la segunda etapa “Dinámica” de la metodología. El consumo de agua de bebida que se obtuvo en el SPLPE de la Subcuenca Amecameca es mayor (5.6 L de agua/ L de leche) en comparación con lo reportado por diversos autores (Kramer *et al.*, 2008; Kume *et al.*, 2010; López, 1965; Meyer *et al.*, 2004; y Nosetti *et al.*, 2002) (Cuadro 1). Sin embargo, se tiene presente que la mayoría de los estudios reportados fueron realizados con factores y condiciones totalmente distintas a las evaluadas en esta investigación, tales como la región geográfica, sistemas de producción de leche, tipo de dieta, el riego para obtención de forrajes, periodo de lactancia, etapa fisiológica, clima, época del año, entre otras. Por ejemplo, el valor obtenido en este estudio representa más del doble que lo reportado por Kume *et al.* (2010) con un valor de 2.66 L de agua / L de leche por vaca. Dicho trabajo se realizó en Japón con vacas lactantes y secas con una producción promedio de 29.5 L por día de leche. En el SPLPE de la Subcuenca Amecameca se identificó que en promedio las unidades de producción cuentan con 8 vacas lactantes con una producción de 15 L de leche/vaca/día y un consumo de “agua de bebida” promedio de 84 L de agua/día/vaca lactante, sin considerar el “agua de servicio” equivalente a un litro de agua utilizada por un litro de leche producida, sin embargo Hoekstra *et al.* (2007) mencionan el valor de 1000 litros de agua necesarios para producir un litro de leche, Ercin *et al.* (2011)

reportan el valor de 1050 litros de agua por litro de leche y Mekonnen *et al.* (2012) reportan la cantidad de 1020 litros por litro de leche, todos bajo el enfoque de la huella hídrica, considerando todas las etapas dentro de la producción láctea tecnificada, desde la producción de granos y forrajes de la dieta hasta el consumidor final.

Respecto al agua de servicio, en el SPLPE de la Subcuenca Amecameca se identificó que se requiere un litro de agua para producir un litro de leche. Nosetti *et al.* (2002) reportan 0.95 L de agua / L de leche por vaca para la limpieza de la ubre, bajo un sistema especializado con vacas lactantes en Argentina. A nivel nacional la CANILEC (2013) reporta en sus estadísticas sobre producción de leche que se necesitan 300 L agua / L leche en la producción tecnificada para bebederos, lavado de instalaciones, riego, forrajes, etc.

Cuadro 1. Comparativo de consumo promedio de agua en diferentes sistemas de producción láctea.

Referencia	Consumo voluntario de agua de bebida por vaca (L agua/L leche)	Uso de agua de servicio por vaca
Kramer <i>et al.</i> (2008)	2.36	
Kume <i>et al.</i> (2010)	2.66	
Sánchez (1965)		9.6 L agua/vaca
Meyer <i>et al.</i> (2004)	2.62	
Nosetti <i>et al.</i> (2002)		0.95 L agua/ vaca
Spörndly E. y E. Wredle (2005)	1.94	
Valores obtenidos	5.6	1 L agua/ L de leche

Fuente: elaboración propia

La población total en los municipios de Amecameca y Ayapango fue de 57,285 habitantes (IGECEM, 2011), los cuales según Burns (2011) consumen para uso público urbano un 83.7% del volumen total de agua concesionada para ambos municipios. A partir del valor obtenido en este estudio de 6.6 L agua / L leche y multiplicándolo por el volumen de producción de leche se obtuvo la cantidad de agua que se consume en el SPLPE de la Subcuenca Amecameca (Cuadro 2). Así mismo, a partir del volumen total de agua concesionada para cada municipio se estimó el porcentaje de agua utilizada para la producción láctea respecto al total; dicho porcentaje representa el impacto que ejerce el sistema productor lácteo sobre la disponibilidad del recurso hídrico en la subcuenca.

Cuadro 2. Porcentaje de agua utilizada en la producción láctea respecto al volumen concesionado de agua en los municipios de Amecameca y Ayapango.

Municipio	Producción de leche L leche/año	Volumen de agua concesionada L agua/año	Consumo de agua dentro del SPLPE L agua/L leche	% de agua utilizada para producir leche
Amecameca	3'400,340.0	3'153,600,000	22'442,244.0	0.71
Ayapango	1'162,415.5	511'829,280	7'671,942.3	1.49
TOTAL	4'562,755.5	3'665,429,280	30'114,186.3	2.2

Fuente: elaboración propia con información obtenida en trabajo de campo (6.6 L agua / L leche), de Puente *et al.* (2011) y CAEM.

Considerando que el volumen de producción de leche es mayor en el municipio de Amecameca respecto al de Ayapango, el volumen de agua utilizado en el SPLPE también es mayor. Sin embargo, el porcentaje de agua utilizada en el SPLPE respecto al volumen total de agua concesionada a nivel municipal es mayor en Ayapango (1.49%) que en Amecameca (0.71). En ambos casos el porcentaje de agua utilizada no representa ni siquiera el 3% del volumen total; sin embargo, esto no significa que no se

puedan implementar prácticas de mejor manejo del recurso agua, tanto para el “agua de consumo” como para el “agua de servicio” en el SPLPE en la Subcuenca Amecameca con la finalidad de realizar un uso y manejo sustentable del recurso.

Gestión integrada del agua en el sistema de producción de leche en pequeña escala

....Respecto al volumen total de agua concesionado a nivel municipal, el porcentaje de agua utilizado en el SPLPE en los municipios de Amecameca y Ayapango fue menor al 3%. No obstante que la ganadería productora de leche en pequeña escala dentro de la Subcuenca Amecameca genera un impacto mínimo, éste podría aumentar con el paso del tiempo debido a factores externos como el cambio climático, que altera el ciclo hidrológico (UNESCO, 2010); la presión que ejerce la población al disminuir los afluentes anuales de aguas superficiales, la demanda de alimentos de origen animal y las políticas públicas; Por ejemplo, Steinfeld *et al.* (2009) prevé que el consumo de agua por parte de la ganadería aumentará en un 50% y por consiguiente también su impacto. La disponibilidad y distribución de agua son factores que influyen en la gestión hídrica del recurso. La disponibilidad se relacionó de forma directa con la época del año en la que se capta el recurso, es decir, en época de estiaje o en temporada de lluvia, impactando en la distribución del agua entre las zonas céntricas (cabeceras municipales) con mayor distribución y frecuencia del recurso a diferencia de las periferias de las comunidades (delegaciones). La distribución también está determinada por el tipo de servicio de pipa (privado o municipal) que se utilizó para satisfacer las necesidades hídricas del sistema, ya que la tarifa que genera cada servicio es diferente. El tener que utilizar el servicio de pipas, especialmente en la época de estiaje

representó un costo económico para las unidades de producción que afectó sus costos totales de producción, aunque anualmente el costo fue mínimo, este monto podría ser utilizado para la compra de otros insumos.

...Los actores que intervienen en la administración del agua en la Subcuenca Amecameca juegan un papel importante; desde los que se encuentran debidamente establecidos jurídicamente (estatales y municipales) hasta los que participan con un cargo honorífico y las autoridades ejidales para brindar un servicio a su comunidad.

CONCLUSIÓN

Diversos factores influyen en la gestión hídrica y en el sistema de producción de leche en pequeña escala, destacando la disponibilidad y distribución de agua (toma doméstica municipal y/o pipa), tipo de servicio de pipa (privado y/o público), monto económico del suministro de agua, y la época de estiaje. Bajo estas condiciones de manejo del recurso agua y el volumen total de producción de leche en la Subcuenca Amecameca se determinaron los niveles de consumo de agua (bebida y servicio) necesarios para producir un litro de leche, siendo la relación 6.6 litros de agua (bebida y consumo) por un litro de leche producida. Esta cantidad de líquido requerido para producir un litro de leche en las unidades de producción del SPLPE es mayor a los parámetros reportados por otros autores citados en este estudio respecto al agua de bebida, pero no fue así para el agua de servicio; el valor obtenido en este estudio fue menor y más eficiente. Se enfatiza que este SPLPE ejerce una presión mínima (no mayor del 3%) respecto al consumo total de agua a nivel municipal.

Se destaca que los administradores del recurso (estatales, municipales, delegacionales y ejidales) solo ejercen las funciones de suministrar agua, reparar y mantener la infraestructura pero no contemplan el papel de conservarlo sustentablemente. Entre más eficiente sea la gestión del agua, se podrá visualizar un mejor futuro en el suministro para las próximas generaciones de la zona y las diferentes actividades productivas, entre ellas la producción láctea. La administración por las comunidades es necesaria ya que ellas saben claramente cuáles son las necesidades que requiere su comunidad. Se concluye que con base a la aplicación de la metodología modificada del enfoque GIRH, en la zona de estudio no hay un problema de escasez en el volumen de agua concesionada, sino de distribución del vital líquido dentro de la zona de estudio.

Se recomienda que las políticas públicas tomen en consideración la presión que ejerce el sector pecuario sobre el recurso hídrico, basándose en datos actuales que permitan una mejor visión del contexto actual del agua, con la finalidad de lograr una mejor administración, distribución y uso sustentables del recurso. También se sugiere seguir realizando investigaciones en torno al recurso agua y a la sustentabilidad de la producción lechera en la región, entre ellas el determinar el consumo de agua necesaria dentro de la producción quesera; el volumen de agua que consume cada cultivo que integran las diferentes dietas del SPLPE; aportar un valor como lo es la huella hídrica, un tema innovador en nuestro país; y el visualizar la cosecha de agua de lluvia dentro de cualquier actividad pecuaria como una práctica sustentable que permita al productor ahorros en los costos de producción.

AGRADECIMIENTOS

....La presenta investigación forma parte del mega proyecto "Evaluación de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción en Pequeña Escala" con apoyo del CONACyT 129449. Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de los estudios de posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. A la Universidad Autónoma del Estado de México. A los integrantes de las autoridades y a los productores de la Subcuenca Amecameca que participaron en este estudio.

GLOSARIO

CAEM.- Comisión de Agua del Estado de México

CONAGUA.- Comisión Nacional de Agua

CONAFOVI.- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda

CANILEC.- Cámara Nacional de Industrias de la Leche

FAO.- (por sus siglas en inglés: *Food and Agriculture Organization*) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GWP.- (por sus siglas en inglés: *Global Water Partnership*) Asociación Mundial para el Agua

INBO.- (por sus siglas en inglés: *International Network of Basin Organizations*) Red Internacional de Organismos de Cuenca.

IGECM.- Instituto de Información e Investigación, Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México.

OPDASA.- Organismo Público Descentralizado de Agua, y Saneamiento de Amecameca.

PDU.- Plan de Desarrollo Urbano

SIAP.- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera

SEDAGRO.- Secretaria de Desarrollo Agropecuario

UNESCO.- (Por sus siglas en inglés: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

SPLPE.- Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar, A. 2009. Innovación en la gestión de los recursos hídricos en Hidalgo. Tesis de Doctorado en Hidrociencias. México. Colegio de Posgraduados.

Amaral-Phillips, D. 2010. *Water intake determines a dairy cows feed intake and milk production. Dairy Nutrition. University Kentucky.* Consultado en: www.progressiveDairy.com

- Berghuber, K., C. Vogl y S. Gramajo. 2010. Conocimientos, costumbres y estrategias de la gestión del agua en el caserío Vista Hermosa del Departamento San Marcos, Guatemala. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* Vol.7 No.1: 81-107.
- Burns, E. 2009. Repensar la cuenca. La gestión de ciclos del agua en el Valle de México. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Burns, E. Coord. 2011. Plan Hídrico para las Subcuencas Amecameca, la Compañía y Tláhuac Xico. Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión de cuenca de los ríos Amecameca y la Compañía. México
- Carabias, J. y R. Landa. 2005. "Agua, Medio Ambiente y Sociedad: Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en México". Ed. UNAM, Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte. México. D.F.
- Carbajal, J. E., H. Campos y J. R. Calderón. 2011. Políticas de conservación y manejo del agua en el Estado de México, caso: "Santuario del agua Valle de Bravo". *Quivera*. No. 2011-2: 63-92.
- CANILEC. 2013. Estadísticas/Producción Láctea. Consultado en: www.canilec.org.mx/prod_leche.html
- CONAFOVI. 2005. Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. CONAFOVI. México, D. F.
- CONAGUA. 2009. Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Primera Edición. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Coyoacán, México, D.F. Consultado en: www.conagua.gob.mx .
- Daniel, W. 2005. *Bioestadística*. 4° Edición, Editorial Limusa, Madrid, España.

Díaz, C., A. M. Esteller, C. A. Velasco, V. J. Martínez, J. C. Arriaga, F. A. Vilchis, S. L. Manzano, M. L. Colín, J. S. Miranda, C. M. Uribe y H. A. Peña. 2009. Guía de Planeación Estratégica Participativa para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, Capítulo Estado de México, Red Interinstitucional e Interdisciplinaria de Investigación, Consulta y Coordinación Científica para la Recuperación de la Cuenca, 1era. Edición, México.

Ercin, A. E., Aldaya M. M. and Hoekstra A.Y. 2011 The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products, Value of Water Research Report Series No. 49, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.

Espinosa, A. E. 2009. La Competitividad del Sistema Agroalimentario Localizado Productor de Quesos Tradicionales, Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.

FAO. 2010. Ganadería Bovina en América Latina: Escenario 2008-2009 y Tendencias del Sector, FAO, Santiago de Chile, Consultado en: www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/ganbov.pdf.

Gaceta del Gobierno del Estado de México. 2012. Tarifas para red de distribución de agua potable para el municipio de Amecameca. Comisión de agua del Estado de México. Diciembre.

Gallardo, N. 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. Coordinación General de Ganadería.

González, P. 2008. Mercados y bancos de agua; su adopción en México y restricciones institucionales para su aplicación. Tesis de Maestría en Gobierno y Asuntos Públicos. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Sede México.

- GWP. 2003. *Integrated Water Resources Management Toolbox, Version Stockholm: GWP Secretariat.*
- GWP-INBO. 2009. Manual para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. GWP (*Global Water Partnership*) e INBO (*International Network of Basin Organizations, INBO*). Paris, Francia.
- GWP. 2008. Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Bases para el Desarrollo de Planes Nacionales. GWP (*Global Water Partnership*) Centro y Sudamérica. Edit. Elanders. Brasil.
- Hoekstra, A. Y. y Chapagain A. K. 2007. *Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resour Manage.* Vol. 21: 35–48.
- IGECEM. 2011a. Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango. Gobierno del Estado de México. México.
- IGECEM. 2011b. Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Amecameca. Gobierno del Estado de México. México.
- INEGI. 2007. Censo Agrícola Ganadero y Forestal. Consultado en: www.inegi.org.mx.
- Kramer, E., Stamer E., Spilke J. y Krieter J. 2008. *Analysis of water intake, dry matter intake and daily milk yield using different error covariance structures.* Vol. 2 No.11: 1585–1594.
- Kume, S. A, Nonaka K. B., Oshita T. C y Kozakai C. 2010. *Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. Livestock Science.* Vol.128: 46–51

- López, S., Martínez S. y Palerm J. 2013. Las comunidades en la administración de sistemas de agua potable: región de los volcanes, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 10, No.1: 39-58.
- Meyer, U., M. Everinghoff, D. Gädeken y G. Flachowsky. 2004. *Investigations on the water intake of lactating dairy cows*. *Livestock Production Science*. Vol. 90: 117-12.
- Mekonnen, M. M. y Hoekstra A. Y. 2012. *A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*. *Ecosystems*. Vol.15: 401–415.
- Nosetti, L. Herrero, M. A.; Pol, M.; Maldonado, M. V.; Iramain, M. S.; Flores, M. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros. 1 Demanda de agua y manejo de efluentes. *Revista InVet*. Vol. 4 (1): 37-43.
- PDU. 2003a. Plan Municipal de Desarrollo Urbano Amecameca. Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Urbano.
- PDU. 2003b. Plan Municipal de Desarrollo Urbano Amecameca. Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Urbano.
- Puente, J., P. L. Brunett, A. E. Espinosa y M. Márquez. 2011. Cálculo del consumo de energía en la producción de leche en pequeña escala. En: Cavalloti, B.; B. Ramírez; F. Martínez; C. Marcof. A. Cesín. *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Vol. 1 p 201-210.
- Rueda, Q. L. D., P. L. Brunett, A. E. Espinosa y Arteaga, R. T. T. 2013. Caracterización de la gestión del agua en el sistema de producción de leche en pequeña escala, en la subcuenca de Amecameca, Estado de México. En Cavalloti, B.; B. Ramírez; A. Cesín, G. Rojo y C. Marcof. 2013. *Seguridad Alimentaria y Producción Ganadera en*

- Unidades Campesinas. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Vol. 1 p 260-271.
- Sánchez, D. 1965. El ganado lechero y las industrias lácteas. Edit. Limusa, 1era edición, México, D.F.
- SAGARPA. 2000. Claridades Agropecuarias. Enero Vol. 1 México D.F.
- SIAP. 2006. Producción de leche de bovino a nivel nacional periodo 1996-2006. Consulta en: www.siap.gob.mx
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Tabulado Municipal- Producción Leche-Bovino, Caprino. Consulta en: www.siap.gob.mx.
- SEDAGRO. 2006. *Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México*. Tabulado Municipal VIII Cuadro 32. Consulta en: www.edomex.gob.mx/sedagro
- SEMARNAT-CONAGUA. 2012. Programa de Saneamiento Integral de la Parte Alta de la Cuenca del Río Amecameca. Gobierno Federal. Amecameca, Estado de México, México. Consulta en: www.conagua.gob.mx .
- Soares, D. 2007. Crónica de un fracaso anunciado: la descentralización en la gestión del agua potable en México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 4, No.1: 19-37.
- Spörndly, E. y E. Wredle. 2005. *Automatic Milking and Grazing-Effects of Drinking Water location of water intake, milk production and Cow. Behavior. Journal of Dairy Science*. Vol. 88, No. 5: 1711-1722.
- Steiner, G. A. 1998. Planificación Estratégica, "Lo que Todo Director debe Saber". Vigésima Tercera Reimpresión. Editorial CECSA.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales y C. De Haan. 2009. Problemas ambientales y opciones, *La Larga sombra del Ganado*, FAO, Roma.

UNESCO. 2010. *El agua en un mundo en cambio*. 3er. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Sevilla, España.

Villanueva, M. 2008. *Microcuencas y campesinos*. 1° Edición, Universidad Autónoma Metropolitana, México.

X. DISCUSIÓN GENERAL

Los factores que establecieron una influencia en la gestión hídrica fueron los siguientes: en primer lugar la disponibilidad de agua, con base al volumen del líquido concesionado a la población, la cuál con respecto a la producción láctea genera un impacto mínimo originado por la ganadería productora de leche en pequeña escala dentro de la zona, aunque este impacto podría aumentar con el paso del tiempo. Referente a lo anterior Steinfeld *et al.* (2009) prevé que el consumo de agua por parte de la ganadería aumentará en un 50%, y por consiguiente; el impacto se acrecentaría. La disponibilidad se relaciona de forma directa con la época del año en que se esté captando el recurso, ya sea, en época de estiaje o en temporada de lluvia, esta situación influyó en la distribución del agua y no fue igual en zonas céntricas que en la periferia de la comunidad, a su vez; esta distribución se verá determinada por el tipo de servicio de pipa (privado o municipal) que se utilizó para satisfacer las necesidades hídricas del sistema y el monto que influye utilizar alguno de ellos. Este servicio tendrá un costo económico que afecta a los insumos en el sistema de producción de leche, que aunque anualmente el costo es mínimo este monto puede ser utilizado para la compra de otros insumos dentro de la unidad de producción.

El consumo de agua de bebida necesaria para producir un litro de leche según lo reportado por diversos autores (Kramer *et al.*, 2008; Kume *et al.*, 2010; López, 1965; Meyer *et al.*, 2004; y Nosetti *et al.*, 2002) varía en un rango de 1.9 a 2.8 litros de agua por litro de leche. Aunque otros reportan un rango distinto (Castle and Thomas, 1975 y Charlón *et al.*, (2005)) 4-4.5 litros de agua por litro de leche. Argentina (Herrero *et al.*, 2002) habla sobre la importancia del agua en la producción de leche y determinó que el enfriado de la leche es el servicio que más agua consume (4 a 9 L de agua/L de leche producida) dentro del sistema de producción de leche. A su vez CANILEC (2013) reporta en sus estadísticas sobre producción de leche que se necesitan 300 L agua / L leche en la producción tecnificada para bebederos, lavado de instalaciones, riego, forrajes, etc. (Hoekstra y Chapagain, (2008) determinaron que para producir 1 litro de leche se requiere 1,000 litros de agua. En Chile Broussain *et al.*, (2011) llevaron a cabo un estudio en donde se analizó el concepto de huella hídrica y su aplicabilidad en

predios lecheros, donde se generan los principales consumos de agua, en el cual se determinó la huella hídrica de un litro de leche cruda en donde se encontró que el valor de la huella hídrica para producir un litro de leche son necesarios 300 litros de agua y este valor tiende a aumentar si el sistema lechero se torna intensivo. Sin embargo, se tiene presente que la mayoría de los estudios reportados fueron realizados con factores y condiciones totalmente distintas a las evaluadas en esta investigación, tales como la región geográfica, sistemas de producción de leche, tipo de dieta, el riego para obtención de forrajes, periodo de lactancia, etapa fisiológica, clima, época del año, entre otras. Estos estudios hacen referencia a dietas, agua de limpieza, bebederos, consumo, transformación y embalaje aunque algunos hacen énfasis en la primera y última etapa de la cadena productiva de lácteos, siguen faltando eslabones de esta cadena de producción y más aún en la perspectiva de los sistemas familiares; por lo que es necesario estudiar una etapa antes de la producción láctea (producción de cultivos forrajeros) y la última parte de esta cadena que aunque no es propia del sistema lechero, si lo es el segmento de la elaboración del producto como son los Quesos, los cuales llegan al consumidor final, por lo que es necesario e importante la industria quesera la cual es una gran consumidora de agua.

Todos estos factores se verán afectados por elementos externos al sistema que es necesario mencionarlos para visualizar un panorama general de la gestión, entre ellos son los siguientes: el impacto ambiental afectó la disponibilidad, época y distribución del recurso, ya que; el actual cambio climático provoca cambios en el ciclo hidrológico (UNESCO, 2010); las políticas públicas relacionadas al recurso hídrico tendrán que contemplar en un futuro cercano la presión que ejerce el sector ganadero en específico la actividad lechera, ya que este impacto se refleja con respecto a lo que mencionan algunos autores como FAO (2010) donde cita que la ganadería a nivel mundial consume un 8% del agua disponible. A nivel local el panorama que refleja el sistema de producción de leche el cual consume un 2.2% del líquido disponible en los municipios de Amecameca y Ayapango es mínimo, pero su tendencia aumentaría con la presión que ejerce la sociedad en su saciedad de producir alimentos de origen animal. Aunado a las políticas públicas es la presión que ejerce el sector social quien tiene la prioridad

en el consumo humano que por mucho tiempo ha venido arrastrando la idea errónea sobre el agua, la cual, es considerada como un recurso finito gratuito y renovable.

Los actores sociales juegan un papel importante en la administración hídrica de la zona, desde los que se encuentra debidamente establecidos jurídicamente (estatales y municipales) hasta los que participan como un servicio que prestan a su comunidad (cargo honorífico) y las autoridades ejidales, estos últimos dos encajan o son eslabones importantes en un sistema en donde la pieza más pequeña es necesaria, porque estos actores llenan los espacios en donde es necesaria la participación de las comunidades como usuarios del recurso, aunque no todos estos personajes son tomadores de decisiones (Ejido y comité de agua). Pero a su vez estos actores sociales deberán de tomar en cuenta el rol que juegan los sistemas lácteos sobre las tomas municipales que los abastecen de agua y las cuales son usadas con fines ganaderos, ya que cualquier actividad pecuaria requiere de una gran cantidad de agua para satisfacer sus necesidades, por lo tanto deberá de identificar y clasificar a las unidades de producción que hacen uso de estas tomas y hacerlas responsables, aplicando medidas sin poner en riesgo la sustentabilidad del sistema. Es por ello que el Desarrollo Sustentable debe de ser medido y evaluado; para así determinar las preferencias entre los diversos usos del agua y las diferentes actividades productivas de la sociedad y por ende ponerlo en práctica.

Por otro lado, es pertinente señalar que aunque existen datos publicados que muestran el volumen concesionado de agua promedio por municipio, estos valores no son actuales, vuelven a discrepar de una referencia a otra y no contemplan todas las fuentes de extracción del recurso hídrico. Cabe hacer mención que para generar una gestión del mismo, es necesario contar y contemplar con una visión actual del panorama del agua en la zona para generar políticas públicas que no solo brinden un bienestar socio-económico a la sociedad; sino garanticen un uso correcto del recurso con una perspectiva sustentable, sin embargo y derivado de la investigación, se asume que es necesario contar con una mejora en la administración del agua que aunque se cuenta con la cantidad necesaria para los servicios de la comunidad, no hay disponibilidad del mismo solo se cuenta con el volumen de recurso que a cada

comunidad se le concesiona y como se mencionó el volumen de recarga es inferior a este, por lo tanto, no se está pensando en la cantidad de líquido que se le suministrara a la población futura.

El desarrollo económico que tiene o pudiera tener una población, es decir; el aporte con respecto al PIB nacional determinara o no el volumen concesionado de agua para los diversos usos (doméstico, agrícola, industrial y pecuario) que tiene la población que habita en la subcuenca. Es decir el municipio de Ayapango generan un PIB de 106 millones de pesos comparado con el que genera Amecameca el cual es de 1823 millones de pesos por lo tanto el volumen de agua que se les concesiona será diferente para cada uno (IGECEM, 2011^{ab}).

En cuanto a la metodología GIRH es recomendable tal y como lo menciona la misma volver a aplicar este enfoque durante el transcurso de un tiempo determinado en la misma zona, para saber si la problemática hídrica ha tomado otro curso, permanece o han tenido algún avance. En este trabajo de investigación solo se tomaron en cuenta tres de siete etapas totales de la metodología, pero es aconsejable emplear todas las fases siempre y cuando el principal objetivo sea la aplicación de un plan hídrico con el fin de generar políticas públicas en torno a la situación de cada zona de estudio. Este enfoque es solo una receta, pero se puede modificar agregando distintos ingredientes. En este caso valdría la pena volver a aplicar las mismas tres etapas de la metodología para conocer si la presión ejercida por el sistema de producción de leche en pequeña escala permanece o ha tenido algún cambio positivo o negativo sobre la cantidad de agua asignada a la zona de estudio en el transcurso de un tiempo determinado, así como; algún cambio en la actual administración hídrica, es por ello importante seguir aplicando la metodología en otros campos de estudio, diferentes a la administración pública como en este caso fue aplicado a la actividad lechera. Por ejemplo: a nivel internacional Thomas y Durham (2003) compararon diversos estudios de casos realizados en diferentes países bajo el contexto de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos explicando que a través de estas investigaciones el porqué del desarrollo de alternativas enfocadas a los recursos hídricos. Twomlow *et al.*, (2003) confrontan dos paradigmas en relativo auge en el tema de los recursos naturales (agua

y suelo) como lo son la Gestión Integrada de los Recursos Naturales y la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos estos dos contextos utilizados como una alternativa en el desarrollo de la Agricultura y el Medio Ambiente. Pero solo en Etiopía Descheemaeker *et al.*, (2010) aplicó una metodología llamada gestión integrada de cuencas hidrográficas la cual tuvo como objetivos, caracterizar el sistema agrícola predominante en la cuenca y evaluar los efectos de la productividad hídrica pecuaria y sus intervenciones de manejo en dos cuencas seleccionadas lo cual ayudó a combatir la degradación de los suelos, aumentar la productividad agrícola y mejorar los medios de subsistencia. Este estudio fue el único que implicó o relacionó la misma problemática que en esta investigación, el recurso hídrico y la actividad pecuaria que aunque no fue en exclusiva la actividad lechera si se tomó en cuenta la ganadería.

Por ello, es necesario darle a conocer a los actores sociales, el trabajo y la metodología aplicada en esta zona de estudio, para que en un futuro tomen en cuenta las problemáticas actuales, para que a su vez desarrollen y apliquen alternativas y poder disminuir o vislumbrar futuros problemas hídricos, aplicando posibles soluciones para mantener un manejo adecuado, eficiente y sustentable del recurso hídrico a través de prácticas que permitan a la sociedad seguirse abasteciendo del líquido.

La cosecha de agua de lluvia se vislumbra como una posible alternativa, ya que solo el 9% de los productores encuestados llevan a cabo esta práctica que desde una perspectiva sustentable disminuiría la presión sobre el recurso hídrico y además le ahorraría a gran parte de la población el costo por los servicios de agua potable, pero será necesaria una capacitación a los usuarios que garantice una calidad en el recurso captado.

XI. CONCLUSIONES GENERALES

Diversos factores caracterizaron la gestión hídrica tanto en la Subcuenca Amecameca como en el sistema de producción de leche en pequeña escala; visualizados a partir del enfoque GIRH. Destacan el volumen concesionado de agua por comunidad (3'665, 429,2 Litros de agua anuales), distribución hídrica (toma doméstica municipal y/o pipa), tipo de servicio de pipa (privado y/o público), monto económico del suministro de agua (\$2925 toma doméstica y pipa), y la época de estiaje (Diciembre a Mayo). Los cuales se relacionan unos con otros y conllevan una serie de implicaciones para el sistema lácteo por ejemplo: para el caso del volumen concesionado de agua, la población consume una cantidad importante de agua de sus diversas fuentes de extracción (Deshielos y pozos), pero relacionándolo con la época de estiaje y el uso del servicio de pipas este volumen hídrico es mal distribuido, ya que el consumo promedio por persona para ambos municipios es de 139 litros de agua/día, mayor a lo que debe de consumir una persona según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (50-100 Litros de agua/persona/día), para abastecer sus necesidades básicas (Howard y Bartram, 2003); por lo tanto, no hay un problema de escasez hídrica a pesar de que no hay disponibilidad de agua a futuro en la cuenca, sino más bien el volumen de agua concesionada está mal distribuida entre la población y esta problemática social se acentúa en época de estiaje en donde la población recurre a la compra de pipas para abastecerse, relacionado estos anteriores factores con los costos que implica la compra del servicio de pipas para el sistema, a pesar de contar con toma domestica dentro del sistema y de la cuál hacen uso para la actividad pecuaria, siendo que para este uso aplica otra tarifa mayor a la domestica. Por lo tanto con base a la aplicación de la

metodología modificada del enfoque GIRH, en la zona de estudio no hay un problema de escasez en el volumen de agua concesionada, sino de una problemática social de distribución del vital líquido dentro de la zona de estudio.

Además se resaltan las diversas actividades de los administradores del recurso (estatales, municipales, delegacionales y ejidales) los cuales solo ejercen las funciones de suministrar agua, reparar y mantener la infraestructura pero la mayoría no contemplan el papel de conservarlo sustentablemente. La administración por las comunidades es prioritaria ya que ellas saben claramente cuáles son las necesidades que demanda su comunidad. Se requiere también una adecuada administración y gestión del agua que entre más eficiente sean se podrá visualizar un mejor futuro en el suministro del recurso para las próximas generaciones de la zona y las diferentes actividades productivas, entre ellas la producción láctea; es decir, que no solo la generación de políticas tengan un enfoque sustentable si no también las alternativas y posibles soluciones del problema y con ello determinar el rol que juegan cada uno de los actores sociales y evitar en un futuro posibles competencias y conflictos entre usos y usuarios del recurso, es por ello que la ley sobre Desarrollo Sustentable se deberá de aplicar y no solo citar, en el rubro de consumo de agua por los diferentes sistema-producto que existen.

El determinar la cantidad de agua que se requiere para producir un litro de leche bajo la perspectiva del sistema de producción láctea en pequeña escala, permitió conocer los niveles de consumo de agua (bebida y servicio: 6.6 L agua leche), establecidos en la etapa dos del GIRH; el cual es mayor a los parámetros reportados por otros autores citados con respecto al agua de bebida, no así para el agua de servicio que fue menor y

más eficiente su consumo, a su vez también fue menor con respecto a los valores reportados por CANILEC (2013) la cual menciona que son necesarios 300 L agua / L leche en la producción tecnificada para bebederos, lavado de instalaciones, riego, forrajes y con lo reportados por Hoekstra y Chapagain, (2008) los cuales determinaron que para producir 1 litro de leche se requiere 1,000 litros de agua, ya que el valor de la huella hídrica toma en cuenta el consumo de agua desde la producción de piensos y granos para la dieta de las vacas, producción láctea, manufactura, embalaje hasta que llega al consumidor final. A pesar de los valores encontrados en este estudio el sistema productor de leche en pequeña escala ejerce una presión mínima con respecto al consumo de líquido que requiere para generar la producción láctea de la zona.

Ya que es importante el consumo del recurso agua en la población y en su constante crecimiento, siempre se tendrá prioridad sobre el consumo humano, pero se debe de tener en cuenta constantemente que el agua es un recurso no renovable, primordial y que tiene un valor económico y ambiental y que aunque la población y la ganadería la demandan en grandes cantidades, se queda una cuestión abierta: ¿Hasta dónde será posible soportar o agotar esta capacidad de carga hídrica asumida por las población y sus diversas actividad productivas, entre ellas la producción láctea familiar.

Se recomienda continuar realizando investigaciones en torno al agua y a la sustentabilidad de la producción lechera y en la etapa final de la transformación de productos lácteos en la región. De ahí que sea importante determinar el consumo de líquido que se requiere en la producción de un kilo de queso y sus distintas variedades así como de los diversos productos lácteos que se manufactura en las queserías. Es importante, establecer el consumo de agua que requieren los distintos cultivos que

están presentes en las dietas que consume el sistema de producción para que de este modo se apliquen fórmulas de alguna metodología que permita obtener una huella hídrica global dentro de la producción láctea en pequeña escala.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams S. y Sharpe E. (1995). *Water intake and quality for dairy cattle. Dairy and animal science. Department of Dairy Science. College of Agriculture Science. The Pennsylvania State University. Cooperative Extension. U.S.*

Bavera, L., Rodriguez, E., Beguet H., Bocco O. y Sánchez J. (1979). Aguas y Aguadas, Bs. As., Hemisferio Sur, Pp. 284.

Berghuber K., Vogl C. y Gramajo S. (2010). Conocimientos, costumbres y estrategias de la gestión del agua en el caserío vista hermosa del departamento San marcos, Guatemala. Agricultura, Sociedad y Desarrollo Vol.7 No.1: 81-107.

Broussain K., Olivares A., Salazar S. y Toledo V. (2011). Análisis y aplicación de una metodología para el cálculo de la huella hídrica a nivel predial de la producción lechera en Chile. Memoria de Ingeniería Civil en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Santiago de Chile.

Burns E. (Coordinación). Comisión de Cuenca de los Ríos Amecameca y la Compañía. (2011). Plan Hídrico para las subcuencas Amecameca, La Compañía y Tláhuac Xico. Universidad Autónoma Metropolitana.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión LXI Legislatura. (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Ley. Diario Oficial de la Federación. México D.F., Diciembre (2001).

Consultado en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/ldr.htm> el día lunes 3 de octubre de 2011 a las 10:51 a.m.

CANILEC. (2013). Estadísticas/Producción Láctea. Consultado en: www.canilec.org.mx/prod_leche.html

Carbo L., M. Flores y M. Herrero (2009). *Well site conditions associated with nitrate contamination in a multilayer semi confined aquifer of Buenos Aires, Argentina. Environmental Geologic.* 57: 1489-1500.

Castle M. E. and Thomas T. P. (1975). *The water intake of British Friesian cows on rations contains various forages. Animal Production.* 20:181-189.

Castillo D., Tapía M., Brunett L., Márquez O., Téran O. y Espinosa E. (2012). Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (3): 690-704.

CONAGUA, (2009). *Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México.* Primera Edición. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Coyoacán, México, D.F. Consultado en: www.conagua.gob.mx el día lunes 14 de noviembre de 2011.

Charlón V. Taverna M.A. y Herrero, M.A. (2005). *El agua en el Tambo. "Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad".* 2° ed., INTA. 2005.

Church C.D (1993). *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición.* Editorial Acribia. 1era. Edición. España.

Daniel, W. (2005). *Bioestadística.* 4° Edición, Editorial Limusa, Madrid, España.

Dayaleth A., Torrez A., Albán R. y Griffon D. (2008). *Indicadores de sustentabilidad en Agroecología.* agroecologiavenezuela.blogspot.com, Venezuela, Mayo (2008). Consultado en: <http://agroecologiavenezuela.blogspot.com/2008/05/indicadores-de-sustentabilidad-en.html> el lunes 3 de octubre de 2011 a las 7:07 p.m.

Díaz C., Esteller M. V., Velasco A., Martínez J., Arriaga C. M., Vilchis A. Y., Manzano L., Colín M., Miranda S., Uribe M. L. y Peña A. (2009) *Guía de Planeación Estratégica Participativa para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago*, Capitulo Estado de México, Red Interinstitucional e Interdisciplinaria de Investigación, Consulta y Coordinación Científica para la Recuperación de la Cuenca, 1era. Edición, México.

Descheemaeker K, Mapedza E., Amede T. y Ayalneh W. (2010). Effects of integrated watershed management on livestock water productivity in water scarce areas in Ethiopia. Physics and Chemistry of the Earth Vol. 35: 723–729.

Espinosa O. V.E., Rivera H. G., y García H. L. A (2008). *Los Canales y Márgenes de Comercialización de Leche Cruda Producida en Sistema Familiar (Estudio de Caso)*. Veterinaria México. 39 (001).

Espinosa, A. E. (2009). La competitividad del Sistema Agroalimentario Localizado productor de quesos tradicionales Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México.

Fadul- Pacheco L., Wattiaux, M. A., Espinoza –Ortega, A., Sánchez- Vera E. Arriaga- Jordan C. M. (2011). *Evaluación de la Sustentabilidad en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el Noroeste del Estado de México*, Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U.A.EM., Toluca, Estado de México, México.

FAO. 2010. Ganadería Bovina en América Latina: Escenario 2008-2009 y Tendencias del Sector, FAO, Santiago de Chile. Consultado en: www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/ganbov.pdf

FAOSTAT (2012). *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. FAOSTAT. Consultado en: www.fao.org/faostat.

Gerbens-Leenes P.W., Mekonnen M.M. and Hoekstra A.Y. (2011). *A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems*, Value of Water Research Report Series No. 55, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

González P. (2008). *Mercados y bancos de agua; su adopción en México y restricciones institucionales para su aplicación. Tesis de Maestría en Gobierno y Asuntos públicos. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Sede México.*

Gallardo N. (2004). *Situación actual de la producción de leche de bovino en México.* Coordinación General de Ganadería.

Gutiérrez G. (2007). De las teorías del desarrollo al Desarrollo Sustentable: Historia de la constitución de un enfoque multidisciplinario, *Revista Trayectoria*, No. 25, Septiembre-Diciembre de 2007, Pp. 21-23.

GWP (2003). *Integrated Water Resources Management Toolbox, Version Stockholm: GWP Secretariat.*

GWP -INBO (2009). *Manual para la gestión Integrada de los Recursos Hídricos. GWP (Global Water Partnership) e INBO (International Network of Basin Organizations, INBO).* Paris, Francia.

GWP (2008). *Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Bases para el Desarrollo de Planes Nacionales.* GWP (Global Water Partnership) Centro y Sudamerica. Edit. Elanders. Brasil. Pp.18

Herrero M. A. (1996). *Aguas para consumo animal. Cap.5 en Agrozoología I- Ed.* Agrovvet, Buenos Aires: 53-81.

Herrero M. A., Maldonado M., Sardi G., Flores M., Orlando A. y Carbó L. (2000). *Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses. 2. condiciones de manejo y grado de contaminación.* Revista Argentina de producción Animal 20, 237-245.

Herrero M., Iramain A., Korol M., Buffoni S., Flores H., Pol M., Maldonado M., Sardi V. y Fortunato M. (2002). *Calidad de agua y contaminación en tambos.* Revista Argentina de producción Animal. 22, 61-70.

Hoekstra A. Y. and Chapagain, A.K. (2008) *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*, Blackwell Publishing, Oxford, UK. Consultado en: <http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>

Howard G. y Bartram J. (2003). *Domestic Water Quantity, Service Level and Health.* OMS (Organización Mundial de la Salud), Ginebra, Suiza

IGCEM (2011a). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Ayapango. Gobierno del estado de México. México.

IGCEM (2011b). Estadística Básica Municipal del Estado de México. Municipio de Amecameca. Gobierno del estado de México. México.

INEGI (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Consultado en: www.inegi.org.mx

Kramer E., Stamer E., Spilke J. y Krieter J. (2008). *Analysis of water intake, dry matter intake and daily milk yield using different error covariance structures.* Vol. 2 No.11: 1585–1594.

Kume S. A, Nonaka K. B., Oshita T. C y Kozakai C. (2010). *Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages.* Livestock Science. Vol.128: 46–51

- López, S., Martínez S. y Palermo J. (2013). Las comunidades en la administración de sistemas de agua potable: región de los volcanes, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 10, No.1: 39-58.
- Meyer U., Everinghoff M., Gädeken D. y Flachowsky G. (2004). *Investigations on the water intake of lactating dairy cows*. *Livestock Production Science*. Vol. 90: 117-12.
- Morales J., (1999), *El Desarrollo Sustentable y el Medio Rural; consideraciones conceptuales*, Marzo (1999) Pp. 26-27 y 33.
- Nosetti L., Herrero M. A., Pol M., Maldonado M. V., Iramain M. S. y Flores M. (2002). Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros. 1 Demanda de agua y manejo de efluentes. *Revista InVet*. Vol. 4 (1): 37-43.
- Nuestro Futuro Común (1987): Informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo (Informe *Brundtland*). Consultado en: www.un.org/esp
- Ortiz Salazar J.A., García Terán O. y Morales Terán G. (2005). *Manejo de Bovinos Productores de leche*. Colegio de Posgraduados. Secretaria de la reforma agraria.
- Pol M., Herrero M., Bearzi C., Catracchia C., Bontá M., Pereyra A., Tirante L., Maito J., Flores M. y González P. A. (2005). Preenfriado de la leche a partir de la reutilización de agua en tambos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 25: 189-197.
- Puente J., Brunett L., Espinosa E. y Márquez O. (2011). Cálculo del consumo de energía en la producción de leche en pequeña escala, Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U.A.E.M., Toluca, Estado de México, México.
- Romero A. G. (2010). *Caracterización del Agroecosistema de Producción de Leche en el Municipio de Ayapango, Estado de México*. Tesis de Licenciatura en MVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca, Noviembre.

Romero T. A., Ávila L. y Viesca C. (2011). Queserías, Gastronomía y Autodesarrollo: El Caso de Poxtla, México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Toluca, Estado de México, México.

Sager R. (2000) Agua para bebida de bovinos. INTA E.E. Argentina, San Luis. Reedición de la Serie Técnica N° 126.

SEDAGRO (2006). *Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México*. Consulta en: www.edomex.gob.mx/sedagro.

SEMARNAT-CONAGUA (2012). *Comunicado de prensa No. 102-12*. Programa de Saneamiento Integral de la Parte Alta de la Cuenca del Río Amecameca [Folleto]. Gobierno Federal. Amecameca, Estado de México, México.

SAGARPA. (2000). Claridades Agropecuarias. Enero Vol. 1 México D.F.

SIAP. (2006). Producción de leche de bovino a nivel nacional periodo 1996-2006. Consulta en: www.siap.gob.mx

SIAP. (2011). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Tabulado Municipal-Producción Leche-Bovino, Caprino. Consulta en: www.siap.gob.mx.

Soares D. (2007). Crónica de un fracaso anunciado: la descentralización en la gestión del agua potable en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 4, No.1: 19-37.

Steiner, G. A. (1998). Planificación Estratégica, "Lo que Todo Director debe Saber". Vigésima Tercera Reimpresión. Editorial CECSA.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M. y De C. (2009). Problemas ambientales y opciones, *La Larga sombra del Ganado*, FAO, Roma.

Tapia Z., (2010). *Indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en Agroecosistemas de producción de leche en San Francisco Zentlalpan Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México*. Tesis de Licenciatura en MVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Thomas J. y Dhuram B. (2003). *Integrate Water Resource Management: looking at the whole picture*. *Desalination* No. 156: Pp 21-28.

Twomlow S., Love D. y Walker S. (2003). *The nexus between integrated natural resources management and integrated water resources management in southern Africa*. *Physics and Chemistry of the Earth*. Vol.33: 889–898.

UNESCO, (2010). *El Agua en un mundo en cambio*. 3er. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. Sevilla, España.

Villanueva M., (2008). *Microcuencas y campesinos*. 1º Edición, Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Vilain Lionel (2008). *La méthode IDEA, Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. Troisième Édition Actualisée. Educagri Editios.

XIII. ANEXOS



ENCUESTA PARA LOS ACTORES SOCIALES EN LA SUBCUENCA AMECAMECA, ESTADO DE MÉXICO.

Nombre: _____ No. de Encuesta: _____

Cargo: _____ Fecha: _____

Municipio: _____

¿Cuál es el origen (fuentes de extracción) de agua que obtiene el Municipio?

Superficiales: Ríos Deshielo del volcán Otros Cuales: _____

Subterráneas: Pozos Otros Cuales: _____

¿Cuál es la cantidad de agua que extraen de cada uno y en que época del año?

Superficial: _____

Subterránea: _____

¿Cuáles son las temporadas durante el transcurso del año en que escasea el agua?

Verano Otoño Invierno Primavera

¿Cuál es porcentaje de la población que cuenta con toma Municipal?

¿Cuál es la distribución (%) del agua en el Municipio?, en los siguientes servicios:

Toma Municipal: _____

Pipas: _____

¿Cuál es el precio del servicio de agua en municipio por uso doméstico?

\$ Anual
Mensual

¿Cuál es el precio del servicio de pipas, épocas del año que aumenta el servicio y en qué zonas de la población?

\$ Época: verano otoño Zona: _____
Invierno primavera

¿Cuáles son los usos del agua en el municipio y que porcentaje ocupa cada uno?

Doméstico Agrícola Pecuario Industrial

¿Cuál es la problemática actual del Municipio con respecto al agua?

El caudal hídrico para el Municipio es:

Suficiente

Deficiente

¿Pretenden aumentar el caudal del Municipio y de donde lo obtendrían?

¿Qué instancias aportarían la gestión para aumentar el caudal?

Federales Estatales Municipales Otras ¿Cuál?: _____

¿Existe generación de aguas residuales en el Municipio y cuál es su volumen?

SI NO Volumen: _____

¿Quién realiza el tratamiento de aguas residuales, que tipo de tratamiento realiza y cuanto le cuesta al municipio?

Municipio CONAGUA CAEM Otra Cuál: _____

Tratamiento: _____

\$

¿Hacia dónde van las descargas de aguas residuales del Municipio?

Drenaje Ríos Arroyos Otros Cuál: _____

ANEXO 2.

ENCUESTA PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN LA SUBCUENCA DE AMECAMECA, ESTADO DE MÉXICO.

DATOS GENERALES DEL UNIDAD DE PRODUCCIÓN

Encuestador: _____ No. de Encuesta: _____

Nombre del Productor: _____ Municipio: _____

Dirección: _____ Delegación: _____

1. ESTRUCTURA DEL HATO

Número de Bovinos Totales en el Agroecosistema: _____

Vacas (Producción): _____

Vaquillas: _____

Becerras: _____

Sementales: _____

Toretas: _____

2. DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL AGROECOSISTEMA

Cuenta con depósitos para almacenar el agua? Sí No

¿Tipos de depósito?

Cisternas Aljibe Pileta Tinacos Tambos

¿Qué capacidad tiene el depósito(s)? _____

¿Qué estrategias implementa para captar agua?

En época de lluvia: _____

En época de estiaje: _____

3. DEMANDA HÍDRICA POR MULTIPLES FUNCIONES

Usos del agua en el Agroecosistema:

Pecuaría Agrícola Hogar Todas Otra (Especifique cuál): _____

4. ABASTECIMIENTO HÍDRICO Y VALORACIÓN ECONÓMICA

¿De dónde obtiene el agua que se consume en el Agroecosistema?

Toma Municipal (Entubada) Pipa Captación de Lluvia

Costo: \$ _____ \$: _____

Mensual Anual ¿No. de Pipas utilizadas durante el año?: _____

Tipo de servicio: Municipal Privado

5. ESCAZES HÍDRICA

Dispone de Agua durante todo el Año? Sí No

En que temporadas baja la cantidad de agua que se le suministra?

Primavera Verano Otoño Invierno

¿COMO CALIFICARIA USTED?	BUENO	REGULAR	MALO
El servicio de agua potable			
La distribución del agua en el municipio			

¿ESTARIA DISPUESTO A IMPLEMENTAR PRACTICAS DENTRO DE SU AGROECOSISTEMA PARA EL REEUSO DE AGUAS NEGRAS O COSECHA DE AGUA DE LLUVIA?

SI NO ¿POR QUE? _____

Presentación de la ponencia **“Caracterización de la gestión del agua en el sistema de producción de leche en pequeña escala, en la subcuenca de Amecameca, Estado de México”**, en 14 Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria, realizado del 16 al 18 de octubre del 2013.



14^o Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria

16, 17 y 18 de octubre, 2013

“Por un desarrollo ganadero sustentable, generador de alimentos, ingresos y empleo”

ASUNTO: DICTAMEN

10 de junio de 2013

LAURA DOLORES RUEDA QUIROZ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
P R E S E N T E

Por este medio le informo que la ponencia titulada **“Gestión hídrica en el sistema familiar lácteo de la subcuenca Amecameca en el Estado de México”**; elaborada por usted, Luá Brunett Pérez, Enrique Espinosa Ayala y Tizbe T. Arriaga-Reyes, fue aceptada para su presentación en el 14^o Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria.

Agradeciendo su participación, le saluda.

ATENTAMENTE

Dr. Carba F. Manuel Álvarez
Coordinador del Comité Científico del
14^o Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria.

Nota: Si tiene alguna duda con respecto a los requisitos de la presentación de ponencias, vaya al apartado III del Formato de presentación de las ponencias de los Criterios Generales de la Convocatoria 2013 en <http://www.congresoam.org/>

14to. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria

"Por un desarrollo ganadero sustentable, generador de alimentos, ingresos y empleo"



Otorga a

Laura Dolores Rueda Quiroz

la presente

CONSTANCIA

por su participación como **PONENTE** con la presentación del trabajo

Caracterización de la gestión del agua en el sistema de producción de leche en pequeña escala, en la subcuenca de Amecameca, Estado de México.

en el 14to. Congreso Nacional de Investigación Socioeconómica y Ambiental de la Producción Pecuaria, realizado en el Campus El Cerrillo Piedras Blancas de la Universidad Autónoma del Estado de México, del 16 al 18 de octubre del 2013

Beatriz A. Cavallotti Vázquez
Coordinadora General del Congreso

Dr. Carlos F. Marco Sánchez
Coordinador del Comité Científico



ANEXO 4

Se participó en un curso internacional a distancia, con la finalidad de reforzar los conocimientos adquiridos, sobre **“Sustentabilidad en la Producción Lechera”**, impartido por la **Federación Panamericana de Lechería (FEPALE)** con sede en Uruguay, realizado del 19 al 27 de mayo del 2012.

