

PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA DE LECHE EN EL TRÓPICO DE ALTURA: SINERGIAS ENTRE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y SISTEMAS SILVOPASTORILES

Jhon J. Lopera¹⁻², Sara M. Márquez³, Daniel E. Ochoa¹⁻⁴, Zoraida Calle⁵, Claudia P. Sossa¹, Enrique Murgueitio⁶

¹Investigador Área Ganadería Sostenible – Fundación CIPAV, Cra 25 N° 6 – 62. Cali – Colombia. ²Estudiante Doctorado en Agroecología – Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Cra 75 N° 68-87. Medellín – Colombia. ³Grupo de Investigación en Sistemas Agroambientales Sostenibles (GISAS) – Universidad de Antioquia, Cra 75 N° 68-87. Medellín – Colombia. ⁴Estudiante de Maestría en Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Cra 75 N° 68-87. Medellín – Colombia. ⁵Coordinadora Área Restauración Ecológica – Fundación CIPAV, Cra 25 N° 6 – 62. Cali – Colombia. ⁶Director Ejecutivo – Fundación CIPAV, Cra 25 N° 6 – 62. Cali – Colombia. E-mail: jjlopera@fun.cipav.org.co

Resumen

El cambio climático y la inequidad que caracteriza al comercio global de los productos lácteos han golpeado duramente a los pequeños productores de leche que adoptaron un modelo artificial dependiente de insumos industriales y una exagerada especialización genética del ganado. Aunque la aplicación de los principios agroecológicos y la demanda creciente de alimentos naturales señalan una ruta de escape para estos productores, la producción agroecológica de leche no es fácil porque la etapa de transición exige tomar decisiones difíciles que pueden afectar la productividad en el corto plazo. Este artículo narra la transición agroecológica de una pequeña finca lechera en los Andes centrales de Colombia. El punto de partida fue el modelo convencional característico de muchas lecherías de montaña en América Latina, basado en monocultivos de gramíneas fertilizados con urea y la suplementación de las vacas con alimentos concentrados elaborados a partir de cereales y torta de soya importados. Mediante la adopción de sistemas silvopastoriles cada vez más complejos y la eliminación gradual de los insumos agroquímicos, la finca logró reducir el costo de producción de la leche, aumentar la calidad y el precio de la misma y mejorar la seguridad alimentaria y la eficiencia energética. El reto final será agregarle valor a la leche orgánica para aumentar la rentabilidad del sistema.

Palabras claves: Transición, agroecología, pequeños productores lecheros, sistemas silvopastoriles, Colombia

Summary

Agroecological milk production in the tropical mountains: synergy between ecological restoration and silvopastoral systems

Climate change and the inequality of the global trade of dairy products have seriously affected small milk producers who have adopted an artificial model based on industrial inputs and the extreme genetic specialization of livestock. Although the application of agroecological principles and the growing demand for natural foods indicate an escape route for these producers, agroecological milk production is not easy because the transition requires making difficult decisions that can affect short term productivity. This article summarizes the agroecological transition of a small dairy farm in the central Andes of Colombia. The starting point was the conventional model typical of many mountain dairies in Latin America, based on grass monocultures fertilized with urea and the supplementation of cows with feedstuffs made from imported cereals and soy cake. By adopting increasingly complex silvopastoral systems and phasing out farm chemical inputs this farm managed to reduce the production costs and increase the quality and price of its milk while improving food security and energy efficiency. Adding value to the organic milk is the final challenge that will improve the profitability of the farming system.

Key words: Transition, agroecology, small dairy farms, silvopastoral systems, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Sólo una parte del 26% de la superficie terrestre que se destina al pastoreo (Steinfeld y Dijkman 2014), se dedica a la producción de leche bovina y una fracción aún menor a leche de otras especies rumiantes (búfalas, cabras, ovejas). En los últimos decenios, la necesidad de abastecer a las cadenas lácteas - un sector estratégico para la alimentación humana y la economía rural, - ha impulsado cambios acelerados en la producción de leche a escala global. Por esta razón, la lechería acompaña a la avicultura y la porcicultura en el dudoso honor de ser las actividades pecuarias con mayores desarrollos industriales modernos.

Aunque el negocio se concentra cada vez más en grandes empresas de América del Norte, Europa y Nueva Zelanda, millones de pequeños y medianos predios rurales todavía producen leche bovina en una amplísima gama de situaciones agroecosistémicas y socioculturales. A lo largo y ancho del planeta, miles de familias ordeñan vacas todos los días para alimentar a la gente y crean infinidad de productos y derivados de la leche que enriquecen la diversidad cultural y enaltecen el diálogo entre los saberes populares y la ciencia.

Esta diversidad se encuentra en riesgo por las fuertes presiones de sectores que buscan consolidar un modelo artificial dependiente de insumos industriales, la exagerada especialización genética del ganado lechero (que demanda alimentación y manejos específicos) y la pérdida de bienestar animal. En los últimos años el cambio climático y las imposiciones abusivas de los países ricos sobre el comercio global, han golpeado duramente a los pequeños productores de leche.

Sin embargo, la aplicación de los principios agroecológicos, combinada con la demanda creciente de alimentos naturales señala una ruta de escape de la ruina para los cientos de miles de familias que siguen atrapadas en un modelo insostenible. La producción agroecológica de leche no es fácil porque tanto las necesidades de conocimiento como los factores de cambio son variados, y las decisiones son difíciles. La etapa de transición es esencial para atender todos estos retos.

MÉTODO

Estudio de caso

Este artículo narra la transición agroecológica de una pequeña finca lechera en los Andes centrales de Colombia. El punto de partida fue el modelo convencional característico de muchas lecherías de montaña en América Latina, basado en monocultivos de gramíneas fertilizados con urea y la suplementación de las vacas con alimentos concentrados elaborados a partir de cereales importados. El relativo éxito comercial que tuvo este modelo durante varias décadas se logró a expensas de la salud de los suelos, los recursos hidrológicos,

la biodiversidad y la seguridad alimentaria. Hoy en día, varias cuencas lecheras de la región enfrentan un fuerte deterioro de los suelos, conflictos de acceso al agua y una pérdida evidente de la biodiversidad. Este deterioro ambiental ha afectado la rentabilidad financiera y económica del sistema productivo.

El cambio de esta unidad productiva inició en la década de 1980, con énfasis en la restauración ecológica del bosque para garantizar la oferta de agua. Poco a poco se fueron aplicando varios principios agroecológicos para transformar el monocultivo de gramíneas, cuyo funcionamiento dependía de insumos externos, en sistemas silvopastoriles variados, que incorporan árboles, arbustos forrajeros y una mayor diversidad de pastos, y dependen de la eficiencia de procesos biológicos tales como la fotosíntesis, el reciclaje de nutrientes y la acumulación de carbono en el suelo.

La transición agroecológica ha tenido éxito en integrar la producción agrícola, forestal y pecuaria, recuperar la seguridad alimentaria y eliminar la mayoría de los insumos agroquímicos. Por otra parte, la restauración ecológica enfocada en el agua implicó reducir gradualmente las áreas destinadas a la ganadería. Sin embargo, la mayor producción de leche y la mejor calidad de la misma permitieron compensar esta reducción del área ganadera.

Aunque el proceso ha tenido avances significativos en los aspectos ambiental y productivo, aún falta mejorar la rentabilidad. El desafío inmediato es darle valor agregado a la leche orgánica de la finca y participar en mercados diferenciados.

Descripción del predio

Esta finca de 14 hectáreas y pendientes fuertes, está situada en el municipio de Rionegro (departamento de Antioquia), a 2.275 m de altitud, en la zona de vida bosque muy húmedo montano (bmh-M según la clasificación de Holdridge 1996). La precipitación media es de 2.400 mm, la temperatura media es de 17°C y las coordenadas geográficas son 6° 8' 29.76" N y 75° 28' 5.64" W.

Principios aplicados

La transición agroecológica de este predio aplicó los siguientes principios (Reijntjes *et al.* 1992, Altieri y Nicholls 2007):

- Aumentar el reciclaje de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo de nutrientes.
- Aumentar la actividad biológica y la materia orgánica para mejorar las condiciones del suelo y favorecer el crecimiento de las plantas.
- Aumentar la diversidad de especies y la diversidad genética del agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Promover los procesos y servicios ecológicos mediante el aumento de las interacciones biológicas y los sinergismos entre componentes de la biodiversidad.

Pasos de la transición:

· Etapa inicial: 1995-2011

Los cambios iniciales buscaron integrar la producción de leche y cerdos. La instalación de un biodigestor de flujo continuo permitió reciclar las excretas de los cerdos para producir gas y un efluente con una alta concentración de nutrientes, adecuado para el ferti-riego de los potreros. Al mismo tiempo se establecieron los primeros sistemas silvopastoriles de pasto kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) con sombrío de árboles fijadores de nitrógeno, en especial el aliso *Alnus acuminata* Kunth.

Con el tiempo, estos primeros sistemas agroforestales pecuarios, que combinaban gramíneas y árboles, dieron paso a sistemas cada vez *más complejos*. El Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) es un arreglo agroforestal de varios estratos que combina el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros para el ramoneo directo del ganado (en densidad mayor a 10.000 arbustos ha⁻¹) con pastos tropicales y árboles (Murgueitio *et al.* 2015). En la etapa de implementación, este sistema también puede incluir la producción agrícola en hileras intercaladas con los arbustos forrajeros y la rotación de cultivos, en cuyo caso se le denomina Sistema Agrosilvopastoril Intensivo (A-SSPi).

En los SSPi y A-SSPi el adjetivo "intensivo" no se refiere al uso de energía fósil o productos de síntesis química, como ocurre en los sistemas agrícolas convencionales o industriales, sino a la eficiencia de los procesos biológicos que se logra a través de la aplicación de los principios de la agroecología. Así, la alta producción de biomasa en los SSPi y A-SSPi depende de la alta fijación de nitrógeno atmosférico, la protección del suelo (reducción de la erosión y compactación por el pisoteo del ganado), el reciclaje de nutrientes (que en suelos ácidos favorece la movilización del fósforo) y la biodiversidad funcional asociada. Gracias a su estructura vegetal compleja los SSPi y A-SSPi ofrecen hábitat para comunidades variadas de aves, mamíferos, hormigas, escarabajos estercoleros y lombrices de tierra. Un beneficio de esta biodiversidad funcional es el control natural de las plagas de los pastos y ectoparásitos del ganado, entre otros (Murgueitio *et al.* 2011, Giraldo *et al.* 2011, Rivera *et al.* 2013). Por otra parte, estos sistemas mejoran la eficiencia energética, la seguridad alimentaria y los ingresos brutos de las fincas (Murgueitio *et al.* 2015).

· Etapa reciente 2012-2016

En 2013, el predio hizo varios cambios en el manejo de la ganadería de leche:

- El tamaño de las áreas de pastoreo se redujo a franjas de 1.100 m² con rotación diaria. (Fig 1).
- Se ajustaron las cargas animales para evitar el sobrepastoreo.
- La fertilización química se redujo de 548 a 350 kg de urea ha⁻¹ año⁻¹

- Mejoró la rutina de ordeño, con lo cual se mantuvo la calidad composicional y mejoró la calidad microbiológica.



Figura 1. Vaca lechera ramoneando *T. diversifolia* en SSPi en pequeñas áreas de pastoreo, Junio de 2014. Foto: Jhon J. Lopera.

Durante 2014 se hicieron nuevos ajustes:

- Se sustituyó el alimento concentrado comercial que se les daba a las vacas durante el ordeño por una suplementación estratégica con maíz criollo molido (materia prima local).
- Se redujo nuevamente la aplicación de fertilizante químico a 170 kg de urea ha⁻¹ año⁻¹, y se inició la fertilización orgánica con 750 kg ha⁻¹ año⁻¹ de estiércol compostado de aves de corral (gallinaza).
- Se sustituyeron los productos químicos para el control de parásitos externos (mosca del cuerno y garrapata) por productos biológicos.
- Se redujo el uso de productos veterinarios para el control de endoparásitos (Lopera *et al.* 2015).

En 2015 los fertilizantes químicos fueron reemplazados en su totalidad por orgánicos, con aplicaciones por encima de 800 kg ha⁻¹ año⁻¹, y la suplementación estratégica de las vacas se basó en silo de maíz criollo (una parte producida en la finca y otra adquirida en la región).

Con el fin de ilustrar el proceso de transición agroecológica se estimó la producción de leche a partir de los registros de ordeño y venta de la leche. La calidad composicional de la leche se evaluó en términos de los porcentajes de grasa y proteína y la calidad microbiológica se definió en términos del número de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) y Recuento de Células Somáticas (RCS). Las mediciones se hicieron semanalmente a partir de muestras de leche obtenidas directamente del tanque de refrigeración de la finca y transportadas al laboratorio especializado.

Para evaluar la seguridad alimentaria y el balance energético de la finca se contabilizaron anualmente las cantidades de insumos y productos que entraron y salieron del agroecosistema (Funes-Monzote *et al.* 2009). Los parámetros evaluados fueron la energía insumida y produci-

da (MJ ha^{-1}), la proteína producida (Kg ha^{-1}), el número de personas que el predio alimenta con energía y el número de personas que alimenta con proteína (personas ha^{-1}). Los análisis se hicieron con el software Energía 3.01.

RESULTADOS

Cambios en el uso de la tierra

Actualmente (año 2016) el 46,9% del área de la finca (6,6 ha) está cubierta por bosques secundarios y ribereños; 7,9% (1,1 ha) tiene bancos mixtos de forrajes (BMF) y huertos; las áreas de pastoreo de las vacas ocupan 5,3 ha (38,1%), distribuidas en: monocultivo de pasto kikuyo (0,9 ha), potreros con árboles dispersos en alta densidad – ADP (1,4 ha), sistema silvopastoril Intensivo – SSPi (2,5 ha) y sistema agrosilvopastoril intensivo – A-SSPi (0,64 ha). La infraestructura ocupa el 7,1 % restante del predio (1 ha).

Cambios en el sistema ganadero de leche

Entre 2005 y 2012 todas las áreas ganaderas de la finca (5,34 ha de pastoreo en SSPi, ADP y monocultivo de pasto kikuyo) recibieron un nivel alto de fertilización química (en promedio $800 \text{ kg de urea ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), para una carga animal de $2,9 \pm 0,4 \text{ vacas ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y un total de 16 vacas en producción. El control de ecto y endoparásitos se llevó a cabo con productos químicos. El nivel de suplementación con concentrado comercial durante el ordeño fue alto. Sin embargo, la calidad composicional de la leche fue baja, en especial por los altos recuentos de células somáticas ($1.071,8 \pm 242,4 \text{ CS ml}^{-1}$) asociados a casos clínicos y subclínicos de mastitis, cuyo control exigió altas dosis de medicamentos veterinarios. En este periodo la producción anual de leche fue de $46.198 \pm 6.317,8 \text{ L}$, que equivalen a $8.651,3 \pm 1.183,1 \text{ L ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con un costo de producción promedio de USD \$0,228 por litro de leche y un precio de venta de USD \$ 0,244 L^{-1} .

La producción anual de leche bajó a 31.927 litros en 2013 y 30.478 L en 2014, con 13 vacas en producción,

una carga animal de $2,6 \text{ vacas ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y $4,9 \pm 0,4 \text{ ha}$ en pastoreo. Esta producción equivale a 6.941 L ha^{-1} en 2013 y 5.976 L ha^{-1} en 2014. El costo de producción bajó a USD \$ $0,206 \text{ L}^{-1}$ y el precio de venta aumentó a US \$ $0,30 \text{ L}^{-1}$. Es importante mencionar que en 2013 y 2014 las lluvias estuvieron 22,2 % y 28,5 % respectivamente por debajo del promedio histórico del período 2005 - 2012 ($2.405 \pm 415,6 \text{ mm año}^{-1}$).



Figura 2. SSPi listo para uso en pastoreo, Diciembre de 2013. Foto: Jhon J. Lopera.



Figura 3. SSPi listo para uso en pastoreo, Enero de 2014. Foto: Jhon J. Lopera.

Tabla 1. Resumen de datos productivos y climáticos de la finca Cien Años (2005 – 2015).

Año	Parámetros						
	Producción anual (L año^{-1})	Área en pastoreo (ha)	Vacas en producción	Carga animal ($\text{vacas ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	*Precipitación anual (mm)	Costo producción leche ($\text{\$USD L}^{-1}$)**	Precio de venta leche ($\text{\$USD L}^{-1}$)**
2005	54.109	5,34	18	3,4	2.217	0,228	0,244
2006	51.608	5,34	18	3,4	2.381		
2007	54.720	5,34	18	3,4	2.291		
2008	43.955	5,34	14	2,6	2.575		
2009	44.476	5,34	14	2,6	1.784		
2010	39.984	5,34	14	2,6	2.704		
2011	39.984	5,34	14	2,6	3.165		
2012	40.748	5,34	14	2,6	2.125		
2013	31.927	4,6	12	2,6	1.871	0,206	0,299
2014	30.478	5,1	13	2,5	1.719		
2015	31.195	4,36	14	3,2	1.397		

* Fuente: Anuario estadístico de Rionegro (2015). ** TRM \$ 3150 (peso Colombiano).

En 2015 la eliminación completa de la fertilización química coincidió con cambios importantes en la producción de la finca (Tabla 1):

- La capacidad de carga aumentó a 3,2 vacas ha⁻¹ año⁻¹
- La producción de leche aumentó a 7.155 L ha⁻¹ año⁻¹ con muy buena composición química y microbiológica.
- El costo de producción de la leche bajó a USD \$ 0,194 y el precio de venta subió a USD \$ 0,312.

En síntesis, se logró un mayor margen de ganancia a partir de leche mejor y más saludable, de excelente calidad composicional y microbiológica (Calderón *et al.* 2006) y con características que la hacen adecuada para la transformación (Tabla 2) y la generación de valor agregado a través de productos como quesos con denominación de origen o productos lácteos con sello agroecológico.

Balance energético y seguridad alimentaria

El sistema agrosilvopastoril (A-SSPi) fue determinante para mejorar la eficiencia del agroecosistema porque generó nuevas interrelaciones y contribuyó a la seguridad alimentaria del predio. La asociación con cultivos agrícolas durante la fase de establecimiento del sistema logró aumentar el número de personas que el predio puede alimentar con proteína y mejoró el balance energético. Los productos agrícolas procedentes del A-SSPi (Fig. 4) y los pequeños huertos mejoraron la oferta de alimentos sanos para las personas del predio, lo cual representó un ahorro de USD \$ 51 al mes para una familia de cuatro personas al reducir la compra de alimentos en el mercado local.

Biodiversidad asociada: complejo de insectos chupadores del pasto kikuyo

Según la caracterización de la biodiversidad, el predio se comportó como un sistema medianamente complejo



Figura 4. A-SSPi, milpa agrícola - forrajera, mayo de 2014. Foto: Jhon J. Lopera.

en 2013 y 2014 (grado 2 de complejidad del sistema), pero pasó a ser un sistema complejo en 2015 (grado 3) como consecuencia del aumento en la biodiversidad productiva relacionado con la introducción de cultivos nuevos.

A partir del 2014, los cultivos intercalados y la rotación de los mismos aumentó la biodiversidad productiva y la biodiversidad funcional asociada. Al mismo tiempo se redujeron los insectos chupadores del pasto, que hacen parte de la biodiversidad nociva asociada.

El comportamiento del complejo de insectos chupadores del pasto se estudió durante un año en diferentes arreglos agroforestales del predio:

- Sistema silvopastoril intensivo (SSPi) con el arbusto botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (familia Asteraceae) y pasto kikuyo *Cenchrus clandestinus* – SSPi BO+PK
- Sistema silvopastoril intensivo (SSPi) con botón de oro *Tithonia diversifolia*, pasto kikuyo *Cenchrus clandestinus* y árboles - SSPi AP+PK
- Sistema silvopastoril de pasto kikuyo *C. clandestinus* y árboles dispersos (aliso *Alnus acuminata*) - ADP+PK
- Monocultivo con pasto kikuyo *C. clandestinus* – MPK

Tabla 2. Cambio anual en la calidad composicional y microbiológica de la leche de la finca Cien Años (verde oscuro: excelente, verde claro: buena; rosado: regular; rojo: mala)

Año	Producción (L año ⁻¹)	Grasa (%)	Proteína (%)	Grasa (g/L)	Proteína (g/L)	UFC/ml (miles)	RCS/ml (miles)
2005	54.109	3,38±0,13	3,07±0,10	34,89±1,36	31,65±1,06	17,97±8,50	928,7±418
2006	51.608	3,50±0,19	3,05±0,13	36,12±1,93	31,49±1,36	27,07±16,33	1382,31±645
2007	54.720	3,61±0,22	3,70±0,10	37,25±2,31	31,72±0,99	86,37±83,03	1682±0
2008	43.955	3,82±0,21	3,04±0,11	39,39±2,17	31,4±1,12	201±329	1313,28±470
2009	44.476	3,30±0,13	2,97±0,08	34,06±1,36	30,69±0,87	83,03±121	1045,95±443
2010	39.984	3,40±0,38	3,05±0,10	35,13±3,95	31,43±1,06	166±136	1459,±643
2011	35.178	3,57±0,17	3,09±0,08	36,83±1,75	31,88±0,81	64,60±56	1201±538
2012	40.748	3,90±0,12	3,04±0,06	40,3±1,23	31,39±0,66	386±484	1003±368
2013	31.927	3,72±0,11	3,00±0,10	38,4±1,15	30,94±1,02	1011±396	877,51±397
2014	30.478	3,81±0,42	3,06±0,12	39,35±4,3	31,57±1,19	224±364	197,13±101
2015	31.195	3,58±0,17	2,97±0,07	36,9±1,71	30,67±0,74	21,62±14,00	144,55±58,98

Las poblaciones de insectos chupadores del pasto kikuyo (*Collaria* sp., *Draeculacephala* sp. y *Aeneolamia* spp.) no alcanzaron el umbral de daño económico en ninguno de los cuatro sistemas. No fue necesario aplicar ninguna medida de control durante el período de estudio porque la mayor parte del pasto tuvo daño leve o no tuvo ningún daño. Más del 75 % de este recurso forrajero tuvo una calidad *óptima* para el consumo de las vacas, incluyendo el monocultivo de pasto kikuyo (Ochoa *et al.* 2016). Esto explica por qué en esta finca, a diferencia de las fincas vecinas y la mayoría de las lecherías de la región, no se aplica ningún insecticida de síntesis química, lo cual representa un ahorro de USD \$240 - 480 al año en la compra y aplicación de estos productos.

La eficiencia energética del predio ha aumentado gracias a las interacciones entre los subsistemas agrícola y pecuario (Tabla 3). El balance estuvo cerca de ser positivo en 2012 pero decayó al año siguiente con el reemplazo de la fertilización química por orgánica, la suplementación con maíz criollo molido y silos de maíz (producidos en parte en el mismo predio) en vez del concentrado comercial y los ajustes en el manejo. En 2014 el sistema empezó a estabilizarse rápidamente y mostró una recuperación importante en términos energéticos. Finalmente, la finca alcanzó un balance positivo en 2015, cuando se empezaron a intercalar cultivos durante las fases de establecimiento y consolidación del sistema agrosilvopastoril (A-SSPi).

El futuro: etapa de consolidación

La finca ha alcanzado niveles de producción y calidad de la leche que la harán sostenible en términos económicos cuando deje de comercializar el producto a través de una cooperativa que mezcla la leche orgánica con leche contaminada con insecticidas y otros insumos químicos. La etapa siguiente de la reconversión debe enfocarse en una estrategia que permita agregarle valor a una leche que es excepcional en el contexto regional. Dada la pequeña escala de la producción, la mejor forma de comercializar los productos lácteos diferenciados sería a través de una red local de consumidores. Para lograr esto será necesario definir los protocolos de

producción acompañados de estudios de calidad tal como lo están haciendo los primeros productores de quesos de origen silvopastoril intensivo (Mohammed *et al.* 2015).

CONCLUSIONES

La reconversión agroecológica de pequeños predios lecheros es factible cuando los productores tienen acceso al conocimiento sobre la implementación y manejo de sistemas que combinan gramíneas, arbustos y árboles, y cuando están en capacidad de asumir un descenso transitorio en la producción de leche. La demanda cada vez mayor de productos lácteos locales, saludables y sostenibles, puede ser un incentivo importante para muchos productores. Por lo tanto, el acceso a mercados diferenciados y la posibilidad de agregarle valor a la leche serán determinantes en la adopción generalizada de prácticas agroecológicas en la producción lechera.

REFERENCIAS

- Altieri MA, Nicholls CI. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas*. 16(1):3-12.
- Calderón A, García F, Martínez G. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 11(1):725-737.
- Funes-Monzote FR, Pérez D, Castro J, Valdés N, Rodríguez Y, Gonçalves AL. 2009. Energía 3.01. Manual de usuario.
- Giraldo C, Reyes LK, Molina J. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Manual 2, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Bogotá, Colombia, GEF, Banco Mundial, FEDEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC.
- Holdridge L. 1996. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA.
- Lopera JJ, Márquez SM, Calle Z, Ochoa D, Murgueitio E. 2015. Agrosilvopastoriles intensivos: una opción para los pequeños del Trópico de Altura. *Revista Carta Fedegán* 146:40-48.

Tabla 3. Cambio en el balance energético y la seguridad alimentaria de la finca Cien Años (2012-2015)

Parámetro	Unidad	Año			
		2012	2013	2014	2015
Energía insumida	MJ ha ⁻¹	23.966	25.700	22.300	20.200
Energía producida	MJ/ha ⁻¹	20.182	18.600	21.850	20.700
Proteína producida	Kg ha ⁻¹	176,4	158,3	192	210
Personas alimentadas con energía	Personas ha ⁻¹	4,7	3,6	5,3	6,1
Personas alimentadas con proteína	Personas ha ⁻¹	6,9	5,4	7,7	8,6
Balance energético de la finca	*Relación 1:1	1:0,84	1:0,67	1:0,97	1:1,1

* Balance mínimo ideal (1 MJ de energía insumida : 1 MJ de energía producida)

- Mohammed A, Aguilar-Pérez CF, Ayala-Burgos AJ, Botini-Luzardo MB, Solorio-Sánchez FJ, Ku-Vera JC. 2015. Evaluation of milk composition and fresh soft cheese from an intensive silvopastoral system in the tropics 96 (2): 159-172.
- Murgueitio E, Xóchitl M, Calle Z, Chará JD, Barahona R. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y socioambientales (Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H, Eibl B, eds). Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cali, Colombia: CIPAV.
- Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A, Solorio B. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654-1663.
- Ochoa DE, Lopera JJ, Márquez SM, Calle Z, Giraldo C, Chará J, Murgueitio E. 2016. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos contribuyen a disminuir el ataque de chupadores en pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). *Livestock Research for Rural Development* (en prensa).
- Reijntjes CB, Haverkort, Waters-Bayer A. 1992. *Farming for the future*. London: MacMillan Press Ltd.
- Rivera L, Armbrecht I, Calle Z. 2013. Silvopastoral systems and at diversity conservation in a cattled-dominated landscape of the Colombia Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181: 188-194.
- Steinfeld H, Dijkman J. 2014. *Livestock matter. Food security and livelihoods*. Focus 21. FAO, Rome, Italy.