Artículo de revisión

Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical

Silvopastoral systems as alternative for sustainable animal production in the current context of tropical livestock production

Onel López-Vigoa, Tania Sánchez-Santana, Jesús Manuel Iglesias-Gómez, Luis Lamela-López, Mildrey Soca-Pérez, Javier Arece-García y Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

Correo electrónico: olopez@ihatuey.cu

Resumen

La baja eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción animal en los países tropicales, unido al consecuente deterioro del ambiente, ha obligado a buscar sistemas que maximicen la eficiencia productiva y económica y el equilibrio natural con el entorno. Por ello, el objetivo de este artículo es reseñar los principales resultados de América Latina y el Caribe con el uso de los sistemas silvopastoriles (SSP) para la producción de leche y carne y para el control del parasitismo en el ganado bovino. Los SSP brindan una alta disponibilidad de biomasa comestible, superior a 30 t de MS/ha/año, de la cual el pasto representa el 75-90 % y el follaje de la arbórea el 10-25 %. La dieta presenta un contenido de PB de 11-16 % y una DIVMS de 510-630 g kg^{-1} de MS, y permite una producción de leche de 10-12 kg $vaca^{-1}día^{-1}$ y entre 3 000 y 16 000 kg $ha^{-1}año^{-1}$. Para la producción de carne los SSP garantizan una ganancia de peso entre 0,42 y 1,10 kg $animal^{-1}día^{-1}$; mientras que la producción por hectárea está entre 500 y 1 340 kg $año^{-1}$. Además, los SSP propician el aumento de la biota edáfica que acelera la descomposición de las bostas, lo que reduce el parasitismo gastrointestinal en los animales y el incremento de la fauna asociada que regula las poblaciones de garrapatas e insectos vectores. Se resalta la necesidad de transformar tanto los sistemas de pastos degradados como los cultivos de gramíneas mejoradas en SSP; con ello mejoran la calidad y el balance nutricional de la dieta para los animales, se optimiza la eficiencia en la producción de leche y carne por hectárea, y se contribuye al control de las enfermedades parasitarias en los rebaños.

Palabras clave: agroecología, ganado bovino, medio ambiente, parásitos.

Abstract

The low efficiency and profitability of animal production systems in tropical countries, along with the subsequent deterioration of the environment, has compelled the search for systems that maximize the productive and economic efficiency and the natural balance with the environment. For such reason, the objective of this paper is to review the main results of Latin America and the Caribbean with the use of silvopastoral system (SPSs) for milk and beef production and for the control of parasitism in cattle. SPSs offer high edible biomass availability, higher than 30 t DM $ha^{-1}year^{-1}$, of which the pasture represents 75-90 % and the tree foliage, 10-25 %. The diet shows a CP content of 11-16 % and an IVDMD of 510-630 g kg^{-1} DM, and allows a milk production of 10-12 kg $cow^{-1}day^{-1}$ and between 3 000 and 16 000 kg $ha^{-1}year^{-1}$. For beef production, SPSs guarantee a weight gain between 0,42 and 1,10 kg $animal^{-1}day^{-1}$; while the production per hectare is between 500 and 1 340 kg $year^{-1}$. In addition, SPSs propitiate the increase of the soil biota which accelerates dung decomposition, reducing gastrointestinal parasitism in the animals and the increase of the fauna associated that regulates the populations of ticks and vector insects. The need to transform degraded pasture systems as well as the crops of cultivated grasses in SPSs is emphasized; thus they improve the nutritional quality and balance of the diet for the animals, the efficiency in milk and beef production per hectare is optimized, and a contribution is made to the control of parasite diseases in the herds.

Keywords: agroecology, cattle, environment, parasites

Introducción

Para el año 2050 se prevé un incremento de 60-100 % en la demanda de productos de origen animal para la alimentación humana (FAO, 2009). Ello se debe al crecimiento demográfico (se estima un aumento de 2 mil millones de personas) y al acrecentamiento de la clase media a nivel mundial, que se pronostica crecerá, para igual fecha, aproximadamente en 3 mil millones de personas (Simmons, 2014).

No obstante, el incremento en la producción de alimentos para satisfacer la demanda debe suceder mientras se intenta eliminar el hambre y la pobreza; se usan de forma más eficiente los recursos naturales; se trabaja por conservar la biodiversidad; se combaten las causas y se reducen las consecuencias del cambio climático; y se lucha contra el aumento de los gases de efecto invernadero, la degradación de los suelos y el avance de los desiertos (Montagnini *et al*., 2015).

La mayor demanda de alimentos de origen animal se debe suplir, en gran medida, por los sistemas de producción animal de los países tropicales, ya que tienen las mejores condiciones para aumentar de forma significativa la producción de alimentos, a partir de su capacidad para generar biomasa (Chará *et al*., 2015).

Sin embargo, la ganadería tropical enfrenta serios cuestionamientos debido al modelo vigente de producción, caracterizado por: grandes extensiones de áreas con gramíneas; baja o nula diversidad de especies; alto grado de transformación de los ecosistemas naturales; escasa integración con el sector agrícola, el forestal y con otras especies pecuarias; baja eficiencia y rentabilidad; deterioro del medio ambiente; y poca participación efectiva en la solución de las necesidades socioeconómicas de la población (Molina *et al*., 2009).

Los forrajes con bajo contenido de proteína bruta y carbohidratos solubles, alta concentración de fibra en detergente neutro, poca digestibilidad aparente y, por tanto, bajo tenor de energía metabolizable (Ku-Vera *et al*., 2014; Barahona *et al*., 2014) constituyen la principal fuente de alimento para los rumiantes en el trópico (Devendra y Leng, 2011).

La digestión de estos forrajes en el rumen genera productos finales absorbibles, principalmente ácidos grasos volátiles y aminoácidos microbianos, que están normalmente desbalanceados tanto en la tasa proteína:energía como en la proporción entre sustratos glucogénicos y cetogénicos. Como consecuencia, su consumo por los rumiantes está asociado con una distintiva pérdida de energía, a la vez que incrementa la producción de calor metabólico y la generación de gas metano (CH_4), el cual contribuye significativamente al calentamiento global (Migwi *et al*., 2013).

A pesar de que América Latina y el Caribe cuentan con una considerable población bovina (359 millones de cabezas), el promedio anual de la carga (0,59 animales/ha) y la productividad por hectárea (89,7 kg de leche y 19,9 kg de carne) permanecen bajos (FAO, 2006; Murgueitio *et al*., 2011).

La elevada tasa de deforestación en los países tropicales tiene efectos locales, como la pérdida de la productividad y la degradación de los suelos, y a escala regional afecta la capacidad de regulación hídrica y propicia la contaminación de los ríos. En el ámbito global el mayor impacto es la pérdida de la biodiversidad, al reducirse o desaparecer los ecosistemas de bosques del neotrópico caracterizados por su alta riqueza de especies de la flora y la fauna. También, el cambio de uso de la tierra hacia pasturas contribuye con emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2, CH_4 y N_2O) a la atmósfera (Murgueitio e Ibrahim, 2009).

En este contexto los sistemas silvopastoriles (SSP), que combinan de forma simultánea árboles o arbustos con plantas herbáceas o volubles y animales domésticos herbívoros (Montagnini, 2015), desempeñan un papel crucial en la reducción de los impactos negativos de la agricultura en la conservación de la biodiversidad (Schroth *et al*., 2004), ya que retienen una parte sustancial de las especies presentes en los remanentes de vegetación original dentro del paisaje dominado por la actividad humana (Bhagwat *et al*., 2008).

Además los sistemas silvopastoriles, como parte de los sistemas agroforestales pecuarios (SAFP), son un tipo de uso de la tierra que se caracteriza por aplicar simultáneamente varios principios agroecológicos, como la conversión de energía solar en biomasa a través de una vegetación estratificada, la elevada fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, la protección y el uso sustentable del agua, la rehabilitación de suelos degradados, el reciclaje de nutrientes, la provisión de hábitat para organismos controladores biológicos, la conservación y el uso de la biodiversidad (Murgueitio *et al*., 2015b), la disminución en el uso de insumos externos, la reducción de la contaminación ambiental y el manejo integrado de la salud animal (Dumont *et al*., 2013).

Por consiguiente, la conversión de las granjas ganaderas convencionales en SSP permite recuperar la diversidad biológica y mantener la integridad de varios procesos ecológicos que son esenciales para el funcionamiento de las áreas que se usan para la ganadería, lo cual trae consigo no solo beneficios ambientales, sino también el incremento de la productividad y los retornos financieros para los granjeros (Murgueitio *et al*., 2009).

Por ello, el objetivo de este artículo es reseñar los principales resultados obtenidos en América Latina y el Caribe con el uso de los sistemas silvopastoriles para la producción de leche y carne y para el control del parasitismo en el ganado bovino.

Efecto de los SSP en la producción y la calidad de la biomasa

Los SSP más utilizados en Cuba son los bancos de proteína, las asociaciones de árboles con gramíneas en toda el área de pastoreo y las cercas vivas (Sánchez *et al*., 2011b). Sin embargo, en el sistema de banco de proteína el uso de las leguminosas arbóreas y herbáceas está limitado a un 20-30 % del área de pastoreo, por lo que los beneficios que estas plantas realizan están solo circunscritos a la superficie que ocupan; mientras que en las asociaciones se beneficia toda la pradera (Simón, 2012).

Por ello, las asociaciones de árboles con pastos mejorados se encuentran entre los SSP más extendidos en Cuba y otros países de América, y representan una alternativa promisoria para la producción animal en el trópico, pues contribuyen a mejorar la calidad biológica del suelo, incrementar el valor nutritivo del pasto, aumentar la producción de leche y carne, así como a favorecer la sanidad agropecuaria y la protección del ambiente.

Las especies de árboles más utilizadas en estos sistemas son *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth, *Albizia lebbeck* (L.) Benth. (Milera *et al*., 2014), conjuntamente con *Bauhinia purpurea* L.; mientras que los pastos más abundantes por su capacidad para asociarse con estos son *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs y *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, aunque también se pueden encontrar otras especies como *Cenchrus ciliaris* L. y *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone CT-115 (López *et al*., 2015b).

Estos sistemas, en función del tipo de suelo y su fertilidad, la especie de pasto, la especie de árbol y su densidad, así como el manejo del sistema y el potencial productivo de los animales (Simón, 2012), pueden admitir cargas en el rango de 1,0 a 1,7 UGM ha^{-1}, con un tiempo óptimo de reposo para el pasto de 25-40 días en el período lluvioso (PLL) y de 50-70 días en el período poco lluvioso (PPLL).

Sin embargo, en los SSP con asociación de pastos mejorados, leguminosas herbáceas y arbóreas con alta densidad (≥ 10 000 plantas ha^{-1}), la disponibilidad puede alcanzar valores de hasta 4 y 7 t de MS ha^{-1} $rotación^{-1}$ para el PPLL y el PLL, respectivamente; lo que posibilita elevar la carga animal incluso a 2,5 UGM ha^{-1} con una oferta de 25-30 kg de MS de biomasa comestible $animal^{-1}día^{-1}$ con excelente calidad nutricional (Hernández *et al*., 2011).

Una ventaja importante de los SSP con respecto al monocultivo de gramíneas es que permiten minimizar el desbalance en la producción de alimentos que caracteriza a los sistemas sin árboles (Sánchez *et al*., 2011b). Un ejemplo de ello lo constituye el estudio realizado por Swaby *et al*. (2013) en un SSP integrado por la multiasociación de *M. maximus* Tobiatá-Mombaza y las arbóreas *L. leucocephala*, *Bauhinia variegata* y *A. lebbeck*; se halló una disponibilidad total de biomasa de 25,3 t de MS $ha^{-1}año^{-1}$, de la cual el 38 % se produjo en el PPLL. Ello indica una producción sostenible de biomasa del sistema, aun cuando estuvo sometido a severas y prolongadas sequías y a elevadas temperaturas.

Además, estos sistemas garantizan una elevada producción de biomasa de buena calidad nutricional durante todo el año (López *et al*., 2012). En este sentido, Sánchez (2007) desarrolló una investigación en la que evaluó, en condiciones comerciales de producción, un SSP constituido por una asociación de gramíneas mejoradas (*M. maximus* cv. Likoni y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano) con *L. leucocephala* cv. Cunningham (5 556 plantas ha^{-1}). La carga promedio fue de 1,5 animales ha^{-1} y el tiempo de reposo del pasto de 30 y 58 días para el PLL y el PPLL, respectivamente. En estas condiciones, se obtuvieron 28,8 t de MS $ha^{-1}año^{-1}$ de pasto y 4,6 t de MS $ha^{-1}año^{-1}$ de follaje de leucaena, con un rendimiento total de 33,4 t de MS $ha^{-1}año^{-1}$ de biomasa comestible. El contenido de proteína bruta (PB) fue de 9,7 % para el pasto y 25,2 % para la leucaena; mientras que la degradabilidad *in situ* de la MS a las 48 h fue de 57,7 y 60,8 %, respectivamente.

En los SSP que se manejan en Cuba, con vacas de mediano potencial, el pasto representa entre el 85 y el 90 % de la dieta y el follaje de la arbórea, del 10 al 15 %. En estas circunstancias la ración de los animales tiene un contenido de PB de 11-14 %;

mientras que la degradabilidad *in vitro* de la MS es superior a 60 %. Ello se debe al incremento de la calidad del pasto en asociación con la leguminosa arbórea y al aporte de follaje que hace esta última a la dieta de los animales (López *et al*., 2015b).

No obstante, en estudios en Colombia se ha observado que el follaje de *L. leucocephala* puede constituir hasta el 25 % de la dieta que consumen los animales, con un contenido de PB entre 22 y 30 % y valores máximos en FDN de 41 % y en FDA de 30 %. Ello determina un incremento en el contenido de PB de la dieta de más de un 25 % y una disminución en el de FDN y FDA de un 15 y 16 %, respectivamente (Barahona *et al*., 2014; Rivera *et al*., 2015).

Además, se ha comprobado que los SSP con *L. leucocephala* cv. Cunningham, *M. maximus* cv. Likoni y *C. nlemfuensis* cv. Jamaicano, en suelos de mediana fertilidad, permiten un consumo de PB entre 20 y 35 % por encima de las necesidades de los animales; mientras que la energía es deficitaria entre 3 y 10 % para vacas de mediano potencial en lactación (Sánchez *et al*., 2008), con la situación más extrema fundamentalmente en el PPLL.

Por ello, en este período del año es importante usar complementos como la caña de azúcar y/o la pulpa de cítrico, que contribuyan a mejorar el balance de energía de la dieta que consumen los animales en pastoreo (López-Vigoa *et al*., 2016).

En este sentido, cuando se evaluó la sustitución de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) –usada como complemento al 20 % de la ración– por pulpa de cítrico en tres niveles: 0, 50 y 100 %, en dietas basadas en *M. maximus* y *L. leucocephala,* mediante la producción de gas *in vitro* y los patrones de fermentación ruminal, se obtuvo que la sustitución –tanto parcial como total– de caña de azúcar por pulpa de cítrico incrementó la producción acumulada de gas a las 24, 48 y 96 h de incubación, así como la producción asintótica de gas (*b*), la tasa fraccional de producción de gas (*c*), la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (506,9; 549,9 y 608,8 g kg^{-1} de MS, respectivamente), la digestibilidad de la materia orgánica, la energía metabolizable (5,41; 6,06 y 6,20 MJ kg^{-1} de MS, respectivamente) y la producción de ácidos grasos de cadena corta (López-Vigoa *et al*., 2016).

En el PLL López *et al*. (2014) evaluaron, en vacas lecheras, el efecto del concentrado al 0, 5 y 10 % de los requerimientos de energía metabolizable sobre la degradabilidad ruminal de dietas basadas en *M. maximus* y *L. leucocephala*, mediante la técnica de producción de gas *in vitro*, y hallaron que solo con la suplementación de concentrado al 10 %, aun cuando disminuyó la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (624,8; 628,0 y 559,2 g kg^{-1} de MS, respectivamente), se logró incrementar significativamente la producción de gas a las 24 y a las 48 h, la tasa fraccional de producción de gas (*c*), la energía metabolizable (6,45; 6,49 y 6,70 MJ kg^{-1} de MS, respectivamente) y la producción de ácidos grasos de cadena corta; así como disminuyó el tiempo de inicio para la fermentación de la fracción insoluble pero potencialmente fermentable (fase lag), lo cual indica que hubo una mejora en el metabolismo energético de la dieta.

Impacto de los SSP en la producción y calidad de la leche

Las investigaciones realizadas en Cuba durante más de 25 años, en SSP con predominio de pastos mejorados, sobre suelos de mediana fertilidad, cargas entre 1,1 y 2,5 UGM ha^{-1}, con vacas de mediano potencial de genotipos provenientes del cruzamiento Holstein x Cebú, han confirmado que estos sistemas tienen potencial para alcanzar una producción de leche entre 7 y 10 kg $vaca^{-1}día^{-1}$ con una adecuada calidad nutricional, lo cual permite una producción por hectárea de 2 800-6 000 kg $año^{-1}$ (Jordán *et al*., 1998; Sánchez, 2007; Hernández *et al*., 2011; López *et al*., 2012).

Además, según López *et al*. (2015a), en el PLL las asociaciones de pastos mejorados con *L. leucocephala* permiten una elevada oferta de pasto (≥ 50 kg $vaca^{-1}día^{-1}$) de buena calidad nutricional, de tal forma que la suplementación con 1,3-1,5 kg de MS de concentrado –que representa el 10 % de la dieta– en vacas Holstein x Cebú, que posean buena condición corporal (CC: 3,0-3,5), no contribuye a incrementar la producción (10 kg $vaca^{-1}día^{-1}$) ni a mejorar la composición de la leche (4,1 % de grasa; 3,2 % de proteína; 4,6 % de lactosa; 8,6 % de sólidos no grasos y 12,8 % de sólidos totales).

No obstante, cuando en estos sistemas y en similar período del año, se brinda a las vacas una suplementación de 3,0 kg de MS de concentrado $vaca^{-1}día^{-1}$ –que constituye el 20 % de la dieta– y el probiótico Sorbifauna (entre 60 y 90 g $vaca^{-1}día^{-1}$), se obtiene una producción de leche promedio de 12 kg $vaca^{-1}día^{-1}$, con 3,9 % de grasa y 3,4 % de proteína (Sánchez *et al*., 2015).

Por el contrario, en los SSP hay un incremento en la calidad de la gramínea durante el PPLL, respecto al PLL, y un mayor aporte de follaje de la leguminosa

arbórea a la ración (debido a la poda de los árboles) para compensar la disminución en la disponibilidad y oferta de pasto. Como consecuencia, se produce un exceso de proteína bruta en la dieta de las vacas, mientras que la energía es deficitaria (López, 2003).

Cuando el contenido de PB de la dieta es elevado y/o el aporte es superior a los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras, sobre todo al inicio de la lactancia, se estimula la producción de leche aun cuando la EM de la dieta sea insuficiente en relación con las necesidades de los animales, ya que esta se garantiza a expensas de las reservas corporales, con la consiguiente pérdida paulatina de la CC (López *et al*., 2015a).

Por ello, es importante utilizar complementos que mejoren el balance de energía de la dieta en pastoreo. En este sentido, al evaluar el efecto de la complementación de la dieta (con tres proporciones de caña de azúcar:pulpa de cítrico, de 60:40, 50:50 y 40:60) durante el PPLL en la producción de leche de vacas Mambí de Cuba, manejadas en un sistema silvopastoril y suplementadas con residuo de destilería del maíz, la producción de leche se incrementó linealmente (8,8; 10,2 y 11,8 kg animal^{-1}día^{-1}) con el aumento de la proporción de pulpa de cítrico en la dieta (López *et al*., 2012). A su vez, se logró una mayor CC de las vacas en el momento del pico de producción de leche, con las dietas de mayor inclusión de pulpa de cítrico.

Las vacas manejadas en sistemas con asociación de *M. maximus* y *C. nlemfuensis* con *L. leucocephala*, cuando paren con una CC entre 3,0 y 3,5 (en la escala de 0-5), manifiestan una producción de leche superior entre un 20 y 25 % con respecto a las que paren con una CC inferior a 2,5 o superior a 3,5 (López *et al*., 2012).

Otro aspecto importante es el hecho de que en los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) con gramíneas, leguminosas herbáceas y arbóreas en alta densidad (15 000 plantas ha^{-1}), donde existe gran diversidad de la dieta ofrecida y la consumida, así como un mayor componente de leguminosas que de gramíneas, se produce una mejora de tal magnitud en la calidad nutricional de la dieta que es posible ampliar la carga a 2,5 UGM ha^{-1} y reducir la oferta de forraje a solo 25-30 kg de MS/vaca/día (Hernández *et al*., 2011). De esta forma, se puede incrementar la producción de leche por hectárea de 3 000 a 6 000 kg año^{-1} sin afectar la producción individual (10 kg vaca^{-1}día^{-1}).

Sin embargo, los SSPi con varios estratos de vegetación pueden aun manifestar una mayor productividad. Un ejemplo de ello es la Reserva Natural El Hatico, localizada en el Valle del Cauca en Colombia. Se encuentra a 1 000 msnm, la temperatura promedio anual de la región es de 24 °C y la precipitación de 800 mm en forma bimodal. La vegetación se puede apreciar en cinco estratos identificables: 1) pastos naturales (*Paspalum notatum*) y mejorados (*Cynodon plectostachyus*, *M. maximus* y *Cynodon dactylon*); 2) *L. leucocephala* en alta densidad (10 000 a 15 000 plantas ha^{-1}); 3) árboles de porte mediano (*Prosopis juliflora*, *Senna spectabilis*, *Guazuma ulmifolia* y *Guarea guidonia*), con una densidad de 30-50 plantas ha^{-1}; 4) un dosel de árboles grandes (*Ceiba pentandra*, *Samanea saman* y *Enterolobium cyclocarpum*), con baja densidad; 5) un estrato cumbre formado por palmas (*Syagrus zancona*, *Attalea butyracea* y *Roystonea regia*) y árboles maderables (*Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Zanthoxylum rhoifolium*). En este sistema se utilizan vacas de la raza Lucerna con carga de 4,3 animales ha^{-1} y la producción de leche es de 16 000 kg ha^{-1}año^{-1} (Murgueitio *et al*., 2011).

Debido a la mejora en el balance energía-proteína de la ración y a la consiguiente optimización de la fermentación ruminal (López *et al*., 2014), las emisiones de metano por animal se pueden reducir hasta en un 20 % (Havlik *et al*., 2014); mientras que la disminución en la emisión de este gas, por cada kilogramo de leche que se produce, pudiera ser hasta de un 50 % (Chará *et al*., 2015).

Producción de carne bovina en SSP

La ceba vacuna en SSP con *L. leucocephala* y pastos naturales y/o mejorados, principalmente de los genotipos Cebú y mestizos Cebú, permite una ganancia promedio individual entre 0,42 y 0,78 kg animal^{-1}día^{-1} con cargas en el rango de 1,1 a 5,5 animales ha^{-1}, según señalan Simón *et al*., Cardona y Suárez, Hernández *et al*., Castillo *et al.* e Iglesias (citados por Iraola, 2013).

Según Iglesias *et al*. (2006), en estudios realizados en Cuba con SSP para la producción de carne con animales mestizos Cebú, se han logrado ganancias acumuladas entre 0,49 y 0,62 kg animal^{-1}día^{-1}, con un peso final al sacrificio de 357 a 414 kg animal^{-1} y una edad en el rango de 24 a 28 meses sin necesidad de usar alimentos suplementarios.

Iraola (2013), al evaluar los indicadores productivos de bovinos mestizos Cebú en un sistema basado en pastos mejorados (*C. nlemfuensis*, *C. purpureus* cv. CT-115 y *Brachiaria hibrido* cv. Mulato) con leucaena en el 50 % del área de pastoreo, encontró una ganancia diaria acumulada de 0,72 kg animal^{-1}día^{-1}, lo que

representó un incremento de más del 65 % con respecto a la ganancia que se obtenía en esa misma área en un sistema de pastos degradados. Además, la edad y el peso al sacrificio fueron de 24 meses y 416,2 kg animal^{-1}, respectivamente; mientras que la producción por hectárea fue de 749,1 kg, la cual se encuentra en el rango de 500 a 800 kg ha^{-1} planteado por Iglesias *et al*. (2011) para estos sistemas en Cuba y que los hace económicamente viables.

Sin embargo, en un estudio realizado por Díaz (2008) en un SSP con predominio de *C. nlemfuensis* en asociación con *L. leucocephala* y acceso a banco de biomasa de *C. purpureus* cv. CT-115, con un genotipo especializado en producción de carne (Charolais de Cuba), se obtuvo una ganancia media diaria acumulada superior a los 0,80 kg animal^{-1}día^{-1}, con un peso al sacrificio de 445 kg a los 22 meses de edad y un rendimiento en canal de 57,2 %.

Sánchez-Santana *et al*. (2016) realizaron un estudio en un SSP constituido por una asociación de *M. maximus* cv. Likoni con *L. leucocephala* cv. Cunningham (20 años de establecida), con una distancia entre surcos de 5 m y una densidad de 236-364 plantas hectárea^{-1}, y evaluaron el efecto de un preparado de maíz y afrecho enriquecido con levadura torula como suplemento energético-proteico (al 20 % de los requerimientos de proteína bruta) en dietas para toros Holstein x Cebú en la fase de ceba final. Se obtuvieron ganancias de peso superiores a 1 kg animal^{-1}día^{-1} (1,08) en animales que recibieron 1 kg del suplemento; mientras que los no suplementados tuvieron una ganancia media diaria de 0,85 kg/animal/día, ya que la EM fue el factor limitante para obtener ganancias superiores.

En varios estudios se ha demostrado que los animales que pastan en SSPi tienen un mayor consumo de materia seca, proteína, calcio y grasa que los que lo hacen en un monocultivo de gramíneas (Solorio *et al*., 2011; Molina *et al*., 2016).

En Colombia, en un estudio sobre producción y calidad de la carne realizado en un SSPi de *L. leucocephala* con pasto estrella (*C. plectostachyus*) y árboles maderables (*Albizia guachapele*, *Azadirachta indica* y *Tectona grandis*) en una zona de bosque seco tropical, con densidad de 500 árboles, más de 30 000 arbustos por hectárea y carga de 3,5 UGM ha^{-1} con animales de genotipos de Doble Propósito, se obtuvieron ganancias de 0,83 y 0,88 kg animal^{-1}día^{-1} para el Cebú y el Brahman x Guzerat, respectivamente; mientras que el rendimiento por área osciló entre 1 025 y 1 098 kg animal^{-1}ha^{-1} (Corral *et al*., 2012).

El incremento en la eficiencia productiva de los animales en SSPi con respecto a la de los sistemas de pasturas degradadas (0,35 kg animal^{-1}día^{-1}) o pastos mejorados (0,60 kg animal^{-1}día^{-1}), así como en la capacidad de carga (0,75 y 1,1-2,6 UGM ha^{-1} respectivamente), permite aumentar la productividad del área de menos de 100 a más de 1 000 kg ha^{-1} para el primer caso, y de 450 hasta 1 900 kg ha^{-1} para el segundo (Solorio *et al*., 2011).

De esta forma, a nivel de finca o de región se necesita menos tierra para lograr el mismo volumen de producción; ello permite liberar las áreas estratégicas para la protección de la biodiversidad, el suelo o el agua sin afectar la eficiencia económica de las fincas agropecuarias (Chará *et al*., 2015). A su vez, posibilita la intensificación de la ganadería en sistemas que, además de ser productivamente eficientes, no atentan contra los recursos naturales sobre los que se sustenta la propia producción (Mahecha *et al*., 2012) y la estabilidad de los ecosistemas naturales.

En SSPi con riego en Michoacán, México, al utilizar animales cruzados de Charolais con Cebú, se alcanzó una ganancia diaria de hasta 1,1 kg animal^{-1}día^{-1}; no obstante, la producción de carne por área tuvo un comportamiento similar a la de los SSPi sin riego y con animales de genotipo Cebú, con valores entre 827 y 1 341 kg ha^{-1}año^{-1} (Solorio *et al*., 2011).

Varias investigaciones indican que, además del buen rendimiento en canal de los animales y la producción de carne magra con una grasa subcutánea de color deseable para el mercado (Corral-Flores *et al.* 2011; Mahecha *et al.* 2011), la carne de los bovinos engordados con dietas basadas en forrajes verdes en estos sistemas es beneficiosa, debido a la mayor concentración de ácidos grasos mono- y polinsaturados (Corral *et al*., 2012).

Los animales cebados en SSPi presentaron un mayor contenido de vitamina E y un perfil de ácidos grasos de mejor calidad, ya que se encontró un mayor contenido de ácidos grasos polinsuturados (esteárico, oleico, linoleico y linolénico) de importancia para la salud humana; mientras que en los animales cebados a corral las concentraciones de estos ácidos han sido con frecuencia insignificantes. Igualmente, se destacó el menor contenido de ácido mirístico en los animales de los SSPi, el cual ha sido asociado con problemas cardiovasculares en el humano (Corral *et al*., 2012; Chará *et al*., 2015).

Por último, debido a la mejora en la calidad del forraje ofrecido, los animales emiten menos metano. Así, por cada kilogramo de carne producido, los novillos en los SSPi emiten 33 y 45 % menos metano que los novillos en monocultivo de pastos (Chará *et al*., 2015) y en pastoreo convencional extensivo, respectivamente (Murgueitio *et al*., 2014).

Influencia de los SSP en el control del parasitismo en rumiantes

Los períodos óptimos de ausencia de los animales en el área de pastoreo, lo cual equivale a un adecuado tiempo de reposo de la pradera durante los ciclos de rotación, y la mayor biodiversidad inherente a los SSP permiten el incremento y la multiplicidad en la producción de alimentos en estos sistemas, pero además garantizan el desarrollo de depredadores naturales de los helmintos; tal es el caso de los hongos nematófagos (*Monacrosporium* sp.) (Araujo *et al*., 2006), que ayudan a controlar la población de parásitos tanto en el animal como en el ambiente pastoril (de Mendonca *et al*., 2014), al interrumpir el desarrollo –fundamentalmente en la etapa larvaria L_3 de la morfología– en los nematodos (Alfaro-Gutiérrez *et al*., 2011).

La producción forrajera, que constituye la base de la ganadería, depende del reciclaje de la materia orgánica, en particular el estiércol (Murgueitio y Giraldo, 2009). En los SSP, al existir un incremento en la producción y la calidad de la biomasa disponible, es posible aumentar la carga animal (López *et al*., 2015b); lo cual, asociado a mejores prácticas de rotación y renovación de las praderas, permite incrementar la cantidad de estiércol depositado en el suelo (Murgueitio y Giraldo, 2009).

En este sentido, las bostas proveen condiciones microclimáticas (humedad, temperatura) favorables para el desarrollo de gran cantidad de parásitos internos (endoparásitos) del ganado (Murgueitio y Giraldo, 2009).

Sin embargo, los sistemas silvopastoriles propician de igual forma el incremento de la fauna benéfica del suelo (Sánchez *et al*., 2011a); por ejemplo: lombrices, escarabajos estercoleros, hormigas, colémbolos, gusanos ciempiés y milpiés, entre otros organismos que degradan y entierran rápidamente el estiércol bovino y, de esta forma, contribuyen a la aireación y descompactación del suelo y al incremento de la fertilidad de las pasturas por la incorporación constante de nutrientes (Martínez y Lumaret, 2006; Giraldo, 2007).

Soca *et al*. (2011) observaron que en el PPLL la dinámica de descomposición de las bostas en el SSP fue más rápida que en el monocultivo de gramíneas mejoradas, con pérdida de peso a las 48 h posteriores a la deposición de 35,0 *vs*. 11,6 %; mientras que a los 10 días fue de 90,0 *vs*. 45,0 %. En el PLL la descomposición fue más rápida que en el PPLL en ambos sistemas, con valores de 93 y 75 %, respectivamente. No obstante, la desaparición de las excretas en el sistema sin árboles estuvo mayormente relacionada con su fragmentación y dispersión en el pastizal a causa de las lluvias y no con el enterramiento de la materia fecal.

La rápida descomposición de las excretas en el SSP y, por ende, la reducción de la carga parasitaria están directamente relacionadas con la presencia de una rica y variada fauna edáfica, representada principalmente por coleópteros coprófagos. La mayor riqueza y diversidad biológica en estos sistemas se vincula con la presencia de los árboles, que proporcionan condiciones adecuadas de humedad y temperatura, mayores contenidos de materia orgánica, incremento en la deposición de hojarasca y un mayor reciclaje de nutrientes, lo cual permite condiciones favorables para una intensa actividad biológica en el suelo (Soca *et al*., 2006).

Se encontró un incremento en la abundancia de escarabajos estercoleros en SSP en comparación con sistemas de monocultivo de gramíneas y, como consecuencia, hubo un aumento en la remoción de estiércol, suelo y semillas, así como una reducción en el número de larvas y moscas adultas (Giraldo *et al*., 2011a).

Según Soca *et al*. (2016), ello ha determinado que la carga parasitaria anual de nematodos gastrointestinales, medida a través de su expresión en el conteo fecal de huevos, sea significativamente inferior (0 hpg) en los terneros manejados en el SSP con respecto a la de los animales en sistemas con gramíneas mejoradas ($\geq$ 500 hpg).

La mayor parte de las especies arbóreas utilizadas en SSP constituyen no solo un alimento de excelente calidad nutricional (Murgueitio *et al*., 2015b), sino también una fuente de metabolitos secundarios de las plantas (MSP), tales como taninos, flavonoides y otros (Giraldo *et al*., 2011b), los cuales representan una alternativa para disminuir la incidencia de enfermedades en los animales, tan frecuentes en los trópicos, como las provocadas por parásitos gastrointestinales (Hoste *et al*., 2012).

Por tanto, se pueden catalogar como plantas nutracéuticas ya que combinan efectos positivos

tanto para la nutrición como para la salud animal (Alonso-Díaz *et al*., 2010; Hoste *et al*., 2015; García-Hernández *et al*., 2017). En este sentido, se ha demostrado que actúan a través de dos formas: i) los efectos nutricionales directos que se relacionan con la acción antiparasitaria de los MSP, y ii) los efectos nutricionales indirectos que se vinculan con el incremento del estado de resiliencia de los animales, el cual se garantiza mediante la modulación de la respuesta inmune del hospedero (Min y Hart, 2003; Iqbal *et al*., 2007; Kyriazakis *et al*., 2010).

Las principales vías a través de las cuales los MSP contribuyen al control de los parásitos gastrointestinales son: la disminución en el nivel de ovoposición del parásito adulto; la afectación en la eclosión de los huevecillos; la alteración en el desarrollo, la motilidad y la muda en las larvas y la disminución en la viabilidad de los parásitos adultos (Molan y Faraj, 2010; Arece *et al*., 2012; Olmedo-Juárez *et al*., 2014; Puerto-Abreu *et al*., 2014; Von Son-de Fernex *et al*., 2015; García-Hernández *et al*., 2017).

Por tanto, el proceso espontáneo que se desarrolla en un SSP, unido al conveniente cuidado e interacción de cada uno de los componentes del sistema, constituye una aproximación natural a la visión y los esquemas actuales de intervención para el manejo de los parásitos.

Ello implica usar enfoques alternativos que permitan lograr la regulación integrada y sostenible de las infestaciones por helmintos al combinar los tres principios esenciales para el control de los nemátodos gastrointestinales, que son: i) el manejo de los sistemas de pastoreo, ii) la estimulación de la respuesta del hospedero, y iii) la modulación de la biología del parásito (Hoste y Torres-Acosta, 2011).

Por otra parte, el retardo en la descomposición de las bostas en los sistemas convencionales de pastoreo, unido a otros factores nutricionales y de manejo, condiciona el incremento del parasitismo gastrointestinal y, con ello, el uso de antiparasitarios de amplio espectro –generalmente– por parte de los ganaderos. Esta constituye una práctica costosa, tanto económica como ambientalmente, debido al alto precio de los medicamentos y a la elevada persistencia y residualidad de los productos en las heces, con el consiguiente impacto negativo en la fauna edáfica y coprófaga; ello, a su vez, retarda aún más la descomposición de las bostas, de tal forma que se puede perder área de pastoreo en la próxima rotación e igualmente incrementarse la población de vectores y ectoparásitos (Murgueitio y Giraldo, 2009).

En los SSP, la abundante fauna asociada al sistema contribuye a regular eficientemente las poblaciones de insectos vectores y esto hace que se reduzca la presencia de ectoparásitos y la transmisión de enfermedades (Murgueitio y Giraldo, 2009) producidas por bacterias, virus, rickettsias y protozoarios (Muhammad *et al*., 2008).

El control de las garrapatas en las fincas ganaderas convencionales se lleva a cabo con acaricidas químicos de amplio espectro, muchos de ellos tóxicos y contaminantes (Giraldo y Uribe, 2007). Sin embargo, la cobertura vegetal y el manejo adecuado de los sistemas silvopastoriles permiten la presencia de organismos depredadores, como las aves y las hormigas, y de microorganismos entomopatógenos, como los hongos, que participan conjuntamente en la regulación natural de las poblaciones de garrapatas y mantienen el ecosistema en equilibrio (Murgueitio y Giraldo, 2009; Salazar *et al*., 2016). Ello constituye una de las vías fundamentales a través de las cuales el incremento de la biodiversidad favorece la prestación de servicios ambientales, como el control biológico del parasitismo en el ganado (Murgueitio *et al*., 2015a).

De esta manera, se pueden evitar las prácticas agrícolas nocivas para el ambiente sin necesidad de sacrificar los logros productivos de la agricultura intensiva, al llevar a la práctica el nuevo paradigma de la intensificación sostenible, el cual se fundamenta en la agricultura de conservación. Este concepto agrícola reproduce las características de un ecosistema natural y se caracteriza por tres principios básicos, que son: 1) la perturbación mínima del suelo de manera perpetua, 2) la cobertura permanente de la superficie con materiales orgánicos, y 3) la diversificación de especies cultivadas mediante la secuencia y/o el uso de las asociaciones vegetales (Friedrich, 2015).

Además, los SSP producen abundante forraje de buena calidad durante todo el año (López *et al*., 2015b), con lo cual mejora el balance de nutrientes en los animales y, por consiguiente, el estado de la condición corporal y la calidad de la respuesta inmune; esto, unido a un entorno más favorable, permite incrementar el bienestar animal y manifestar una mayor resiliencia.

Los aspectos abordados anteriormente indican la necesidad de un cambio de paradigma en la producción ganadera con el uso de los SSP, donde incluso la mejora genética debe ser vista desde una perspectiva agroecológica, en la cual se deben enfocar más los objetivos de mejora hacia los rasgos funcionales que hacia los rasgos productivos.

En tal sentido, la mejora genética por robustez pretende promover las capacidades adaptativas individuales, al considerar diversos criterios de selección que incluyen la reproducción, la salud y el bienestar animal, así como la adaptación a recursos alimenticios forrajeros, un clima más cálido o condiciones fluctuantes del ambiente (Phocas *et al*., 2016).

En esencia, lo que se trata de lograr con las prácticas adecuadas es el manejo integrado del parasitismo, que implica usar razas con mayor resistencia genética a los parásitos, mejorar la respuesta inmune al optimizar la nutrición y el bienestar animal, aprovechar el efecto antiparasitario y/o inmunomodulador de los metabolitos secundarios de las plantas, disminuir las poblaciones de parásitos mediante la apropiada rotación de los animales en los potreros y el control que ejerce la fauna acompañante, así como utilizar huéspedes alternativos resistentes (búfalos y ovinos).

Conclusiones

La presente revisión mostró las ventajas de transformar los actuales sistemas de pastos degradados y los cultivos de gramíneas mejoradas en SSP, lo cual tiene un impacto positivo en la producción y la calidad de los forrajes y, por consiguiente, en el balance nutricional de la dieta que consumen los animales. A su vez, ello permite incrementar la carga animal por área y el rendimiento en carne y leche por hectárea, e incluso mejorar la calidad con un menor costo ambiental. También propician el aumento de la biota edáfica y de la fauna asociada, que, junto con otros factores beneficiosos del sistema, contribuyen al control de las enfermedades parasitarias en los rebaños.

Referencias bibliográficas

Alfaro-Gutiérrez, Ivonne C.; Mendoza-de Gives, P.; Liébano-Hernández, E.; López-Arellano, Ma. Eugenia; Valero-Coss, Rosa O. & Hernández-Velázquez, V. M. Nematophagous fungi (*Orbilialis*) capturing, destroying and feeding on the histotrophic larvae of *Haemonchus contortus* (*Nematoda*: *Trichostrongylidae*). *Rev. Mex. Mic.* 33:29-35, 2011.

Alonso-Díaz, M. A.; Torres-Acosta, J. F. J.; Sandoval-Castro, C. A. & Capetillo-Leal, C. M. Polyphenolic compounds of nutraceutical trees and the variability of their biological activity measured by two methods. *Trop. Subtrop. Agroecosyst*. 12:649-656, 2010.

Araujo, J. V.; Assis, R. C. L.; Campos, A. K. & Mota, M. A. Efeito antagonico de fungos predadores dos generos *Monacrosporium*, *Arthrobotrys* e *Duddingtonia* sobre larvas infectantes de *Cooperia* sp. e *Oesophagostomum* sp. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 58:373-380, 2006.

Arece, J.; Roche, Yaíma; López, Y. & Molina, M. Efecto *in vitro* del extracto acuoso de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. en el desarrollo de las fases exógenas de estrongílidos gastrointestinales de ovinos. *Pastos y Forrajes*. 35(3):301-310, 2012.

Barahona, R.; Sánchez, M. S.; Murgueitio, E. & Chará, J. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam. (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. *Revista Carta Fedegán*. 140:66-69, 2014.

Bhagwat, S. A.; Willis, K. J.; Birks, H. J. B. & Whittaker, R. J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*. 23: 261-266, 2008.

Chará, J.; Murgueitio, E.; Uribe, F. & Montoya, S. Carne sostenible con bienestar animal. Sistemas de carne. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. p. 16-20, 2015.

Corral, G.; Rodríguez, C.; Solorio, B.; Alarcón, R.; Grado, A; Rodríguez, M. *et al*. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. *Memorias. IV Congreso Internacional sobre sistemas silvopastoriles intensivos*. Morelia, México. p. 113-122, 2012.

Corral-Flores, G.; Solorio-Sánchez, B.; Rodríguez, C. & Ramírez, J. La calidad de la carne producida en el sistema silvopastoril intensivo y su diferenciación en el mercado. *Memorias. III Congreso sobre Sistema Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI.* Morelia y Tepalcatepec, México: Fundación Produce Michoacán, COFRUPO, SAGARPA, Universidad Autónoma de Yucatán. p. 46-52. [CD-ROM], 2011.

de Mendonca, R. M. A.; Leite, R. C.; Lana, A. M. Q.; Costa, J. O. & Toth, G. Parasitic helminth infection in young cattle raised on silvopasture and open-pasture in Southeastern Brazil. *Agroforest. Syst.* 88:53-62, 2014. DOI 10.1007/s10457-013-9655-4

Devendra, C. & Leng, R. A. Feed resources for animals in Asia: Issues, strategies for use, intensification and integration for increased productivity. Invited Review. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* 24: 303-321, 2011.

Díaz, A. *Producción de carne bovina en pastoreo con gramíneas y leguminosas.* Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2008.

Dumont, B.; Fortun-Lamothe, L.; Jouven, M.; Thomas, M. & Tichit, M. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*. 7:1028-1043, 2013.

FAO. Informe pecuario. Subdirección de políticas y apoyo en materia de publicación electrónica. Roma: FAO. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0255s/a0255s00.pdf. [04/03/2013], 2006.

FAO. The state of food and agriculture 2009. Livestock in the balance. Rome: FAO. http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf. [11/06/2013], 2009.

Friedrich, T. Impacto de la producción agropecuaria en la fertilidad de los suelos. *Memorias. V Congreso de Producción Animal Tropical*. La Habana: Instituto de Ciencia Animal. p. 221-226. [CD-ROM], 2015.

García-Hernández, C.; Arece-García, J.; Rojo-Rubio, R.; Mendoza-Martínez, G. D.; Albarrán-Portillo, B.; Vázquez-Armijo, J. F. *et al*. Nutraceutic effect of free condensed tannins of *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. *Trop. Anim. Health Pro.* 49:55-61, 2017.

Giraldo, Carolina. Escarabajos estercoleros amigos de la ganadería. *Revista Carta Fedegan*. 100:74-76, 2007.

Giraldo, Carolina & Uribe, F. Manejo integrado de garrapatas en sistemas sostenibles de producción ganadera. *Revista Carta Fedegan*. 101:66-74, 2007.

Giraldo, Carolina; Escobar, F.; Chará, J. D. & Calle, Zoraida. The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conserv. Diver.* 4:115-122, 2011a.

Giraldo, Carolina; Reyes, L. K. & Molina, J. *Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos*. Manual 2: Proyecto ganadería colombiana sostenible. Bogotá: GEF, Banco Mundial, FEDEGAN, Fondo Acción, TNC. http://www.cipav. Org.co/pdf/2.Manejo. Integrado.de.Plagas.pdf [18/6/2016], 2011b.

Havlik, P.; Valin, H.; Herrero, M.; Obersteiner, M.; Schmid, E.; Rufino, C. M. *et al.* Climate change mitigation through livestock system transitions. *P. Natl. Acad. Sci USA.* 111:3709-3714, 2014.

Hernández, D.; Carballo, Mirta & Reyes, F. Manejo racional de una multiasociación árboles-pastos. En: Milagros Milera, ed. *André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 513-535, 2011.

Hoste, H.; Martinez-Ortiz de Montellano, C.; Manolaraki, F.; Brunet, S.; Ojeda-Robertos, N.; Fourquaux, I. *et al*. Direct and indirect effects of bioactive tannin-rich tropical and temperate legumes against nematode infection. *Vet. Parasitol.* 186:18-27, 2012.

Hoste, H. & Torres-Acosta, J. F. J. Non chemical control of helminths in ruminants: adapting solutions for changing worms in a changing world. *Vet. Parasitol.* 180:144-154, 2011.

Hoste, H.; Torres-Acosta, J. F. J.; Sandoval-Castro, C. A.; Mueller-Harvey, I.; Sotiraki, S.; Louvandini, H. *et al*. H. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Vet. Parasitol.* 212:5-17, 2015.

Iglesias, J. M.; Simón, L.; Hernández, D.; Hernández, I.; Milera, Milagros; Castillo, E. *et al*. Sistemas agroforestales en Cuba. Algunos aspectos de la producción animal. *Pastos y Forrajes*. 29(3):217-235, 2006.

Iglesias, J; Simón, L; Hernández, I; Castillo, E; Ruíz, T.; Valdés, L. R. *et al*. Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En: Milagros Milera, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 548-558, 2011.

Iqbal, Z.; Sarwar, M.; Jabbar, A.; Ahmed, S.; Nisa, M.; Sajid, M. S. *et al*. Direct and indirect anthelmintic effects of condensed tannins in sheep. *Vet. Parasitol.* 144:125-131, 2007.

Iraola, J. *Rediseño y manejo de un arreglo silvopastoril para mejorar la capacidad de carga biológica con ganado de engorde*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2013.

Jordán, H.; Traba, J. D.; Ruiz, T. & Febles, G. Utilización de las leguminosas para cubrir el déficit de biomasa en la seca con vacas Holstein en pastoreo. *Memorias. III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 230, 1998.

Kyriazakis, I.; Athanasiadou, S. & Giannenas, I. Nutritional strategies to control gastrointestinal parasitism in small ruminants. *Adv. Anim. Biosci.* 1 (2):390-391, doi:10.1017/S204047001000018X, 2010.

Ku-Vera, J. C.; Briceño, E. G.; Ruiz, A.; Mayo, R.; Ayala, A. J.; Aguilar, C. F. *et al.* Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality. *Cuban J. Agric. Sci.* 48(1):43-53, 2014.

López, O. *Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo de vacas Mambí de Cuba de primera lactancia en un sistema silvopastoril.*

Tesis presentada en opción al título académico de Master en Reproducción Animal. San José de las Lajas, Cuba: Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Universidad Agraria de La Habana, 2003.

López, O.; Lamela, L.; Montejo, I. L.; Sánchez, Tania & Olivera, Yuseika. Influencia de la complementación de la dieta en la producción de leche de vacas Mambí de Cuba manejadas en un sistema silvopastoril. *Memorias. II Convención Internacional "Agrodesarrollo 2012"*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 329-333. [CD-ROM], 2012.

López, O.; Lamela, L.; Montejo, I. L. & Sánchez, Tania. Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes.* 38 (1):46-54, 2015a.

López, O.; Olivera, Yuseika; Lamela, L.; Sánchez, Tania; Montejo, I. L.; Ronquillo, M. *et al*. Efecto de la suplementación con concentrado en la fermentación *in vitro* de dietas para vacas lecheras en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes.* 37 (4):426-434, 2014.

López, O.; Ruíz, T. E.; Sánchez, Tania; Castillo, E.; Iglesias, J. M.; Lamela, L. *et al*. Potencialidades del silvopastoreo para la producción animal en Cuba. En: R. Núñez, R. Ramírez, S. Fernández, O. Araujo, M. García y T. E. Díaz, eds. *La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal*. Bba Biblioteca básica de agricultura. Colegio de Postgraduados-Fundación COLPOS-Universidad de Chapingo-ALPA-FAO-IICA, 2015b.

López-Vigoa, O.; Olivera-Castro, Yuseika; Lamela-López, L.; Sánchez-Santana, Tania; Montejo-Sierra, I. L.; González-Ronquillo, M. *et al*. Influencia de la complementación con caña de azúcar y/o pulpa de cítrico en la fermentación *in vitro* de dietas basadas en *Megathyrsus maximus* y *Leucaena leucocephala*. *Pastos y Forrajes*. 39 (4):271-280, 2016.

Mahecha, Liliana; Corral, Gabriela; Murgueitio, María M.; Sánchez, C.; Angulo, J.; Olivera, Martha *et al*. SSPi producen elevada cantidad de carne de alta calidad en Colombia y México. *Revista Carta Fedegan.* 129:60-72, 2012.

Mahecha, Liliana; Murgueitio, María M.; Angulo, J.; Olivera, Martha; Zapata, A.; Cuartas, C. *et al*. Desempeño animal y características de la canal de dos grupos raciales de bovinos doble propósito pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. *Rev. colomb. Cienc. Pecu.* 24(3):470, 2011.

Martínez, I. & Lumaret, J. P. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Fol. Entomol. Mex.* 45(1): 57-68, 2006.

Migwi, P. K.; Bebe, B. O.; Gachuiri, C. K.; Godwin, I. & Nolan, J. V. Options for efficient utilisation of high fibre feed resources in low input ruminant production systems in a changing climate: A review. *LRRD.* 25 (5). http://www.lrrd.org/lrrd25/5/migw25087.htm, 2013 [02/06/2014], 2013.

Milera, Milagros; López, O. & Alonso, O. Principios generados a partir de la evolución del manejo en pastoreo para la producción de leche bovina en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 37 (4):382-391, 2014.

Min, B. R. & Hart, S. P. Tannins for suppression of internal parasites. *J. Anim. Sci*. 81:102-109, 2003.

Molan, A. L. & Faraj, A. M. The effects of condensed tannins extracted from different plant species on egg hatching and larval development of *Teladorsagia circumcincta* (*Nematoda*: *Trichostrongylidae*). *Folia Parasit.*. 57 (1):62-68, 2010.

Molina, C. I; Angarita, E. A.; Mayorga, O. L.; Chará, J.; & Barahona-Rosales, R. Effect of *Leucaena leucocephala* on methane production of Lucerna heifers fed a diet based on *Cynodon plectostachyus*. *Liv. Sci*. 185:24-29. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.01.009, 2016.

Molina, C. H.; Molina, C. H.; Molina, E. J. & Molina, J. P. Carne, leche y mejor ambiente en el sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Mimosaceae. En: E. Murgueitio; C. A. Cuartas y J. F. Naranjo, eds. *Ganadería del fututo. Investigación para el desarrollo*. Segunda edición. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. p. 42-65, 2009.

Montagnini, Florencia. Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. En: Florencia Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl, eds. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales.* Serie Técnica. Informe Técnico 402. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. p. 269-297, 2015.

Montagnini, Florencia; Somarriba, E.; Murgueitio, E.; Fassola, H. & Eibl, Beatriz. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie técnica. Informe técnico No. 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454 p, 2015.

Muhammad, G.; Naureen, A.; Firyal, S. & Saqib, M. Tick control strategies in dairy productions medicine. *Pakistan Vet. J.* 28(1):43-50, 2008.

Murgueitio, E.; Barahona, R.; Chará, J. D.; Flores, M. X.; Mauricio, R. M. & Molina, J. J. Los sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio

climático en la ganadería. *Memorias. V Congreso de Producción Animal Tropical*. La Habana, Cuba. p. 245-257. [CD-ROM], 2015a.

Murgueitio, E.; Calle, Zoraida; Uribe, F.; Calle, Alicia & Solorio, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecol. Manag.* 261: 1654-1663, 2011.

Murgueitio, E.; Chará, J.; Barahona, R.; Cuartas, C. & Naranjo, J. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 17:501-507, 2014.

Murgueitio, E., Cuartas, C. & Naranjo, J. F. Ganadería del futuro. Investigación para el desarrollo. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, 2009.

Murgueitio, E.; Flores, Martha X.; Calle, Zoraida; Chará, J. D.; Barahona, R.; Molina, C. H. *et al.* Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. En: Florencia Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl, eds. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie Técnica. Informe Técnico 402. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. p. 59-101, 2015b.

Murgueitio, E. & Giraldo, Carolina. Sistemas silvopastoriles y el control de parásitos. *Revista Carta Fedegan*. 115:60-63, 2009.

Murgueitio, E. & Ibrahim, M. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En: E. Murgueitio, C. A. Cuartas y J. F. Naranjo, eds. *Ganadería del futuro. Investigación para el desarrollo*. 2a ed. Cali, Colombia: Fundación CIPAV. p. 19-40, 2009.

Olmedo-Juárez, A.; Rojo-Rubio, R.; Arece-García, J.; Salem, A. Z. M.; Kholif, A. E. & Morales-Almaraz, E. *In vitro* activity of *Pithecellobium dulce* and *Lysiloma acapulcensis* on exogenous development stages of sheep gastrointestinal strongyles. *Italian J. Anim. Sci.* 13:3104, 2014.

Phocas, F.; Belloc, C.; Bidanel, J.; Delaby, L.; Dourmad, J. Y.; Dumont, B. *et al*. Review: Towards the agroecological management of ruminants, pigs and poultry through the development of sustainable breeding programmes: I-selection goals and criteria. *Animal*. 10 (11):1749-1759. doi:10.1017/S1751731116000926, 2016.

Puerto-Abreu, Mileydy; Arece-García, J.; López-Leyva, Y.; Roche, Yaima; Molina, M.; Sanavria, A. *et al*. Efecto *in vitro* de extractos acuosos de *Moringa oleifera* y *Gliricida sepium* en el desarrollo de las fases exógenas de estrongílidos gastrointestinales de ovinos. *Rev. Salud Anim*. 36 (1):28-34, 2014.

Rivera, J. E.; Molina, C. I.; Donney´s, G.; Villegas, G. & Barahona, R. Composición nutricional y degradabilidad de la materia seca de dietas de sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en Colombia. *Memorias del III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales*. (Comp. P. L. Peri). Santa Cruz, Argentina: Ediciones INTA. p. 176-181, 2015.

Salazar, Raquel; Barahona-Rosales, R. & Sánchez, María S. Carga de garrapatas en bovinos *Bos taurus* que pastorean en dos sistemas productivos contrastantes. *Rev. MVZ Córdoba*. 21 (2):5404-5415, 2016.

Sánchez, Saray; Milera, Milagros; Hernández, Marta; Crespo, G. & Simón, L. La macrofauna y su importancia en los sistemas de producción ganaderos. En: Milagros Milera, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 316-348, 2011a.

Sánchez, Tania. *Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas y Leucaena leucocephala cv. Cunningham con vacas Mambí de Cuba en condiciones comerciales*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana, 2007.

Sánchez, Tania; Lamela, L.; López, O. & Benítez, M. Comportamiento productivo de vacas lecheras Mambí de Cuba en una asociación de gramíneas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 31 (4):371-388, 2008.

Sánchez, Tania; Lamela, L.; López, O. & Benítez, M. A. Influencia del probiótico Sorbifauna en la producción y calidad de la leche de vacas mestizas en pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 38 (3):183-188, 2015.

Sánchez, Tania; Lamela, L.; Miranda, Taymer; López, O. & Bover, Katia. Tecnologías alternativas: silvopastoreo. En: H. Ríos, Dania Vargas y F. R. Funes-Monzote, comp. *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencia Agrícola. p. 157-164, 2011b.

Sánchez-Santana, Tania; Esperance-Castañeda, Y.; Lamela-López, L.; López-Vigoa, O. & Benítez-Álvarez, M. A. 2016. Efecto de la suplementación con un preparado de maíz y afrecho de trigo enriquecido con torula en la ceba de toros en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 39 (4):265-270, 2016.

Schroth, G.; da Fonseca, G. A. B.; Harvey, C. A.; Gascon, C.; Vasconcelos, H. & Izac, A. N. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington, D. C.: Island Press, p. 1-12, 2004.

Simmons, J. *Enough (Suficiente) La lucha por la seguridad alimentaria del mañana. Informe sobre*

cómo alimentaremos al mundo. España: ELANCO. http://www.elanco.es/pdfs/enough-report_sp.pdf. [11/02/2015], 2014.

Simón, L. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo: La experiencia de la EEPF "Indio Hatuey". En: L. Simón, ed. *Silvopastoreo. Un nuevo concepto de pastizal*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 11-24, 2012.

Soca, Mildrey; Simón, L.; Roque, E.; Milera, Milagros & Ojeda, F. Influencia de la biota del suelo en la carga parasitaria de las excretas y los animales en sistemas silvopastoriles. En: Milagros Milera, ed. *André Voisin: Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 349-368, 2011.

Soca, Mildrey; Simón, L.; Roque, E.; Roche, Yaima; Aguilar, A.; Soca, Maylin *et al*. Efectos de los sistemas silvopastoriles en el control de los nematodos gastrointestinales de los bovinos en pastoreo. En: J. E. Guerra-Liera, R. Barajas-Cruz, J. F. Inzunza-Castro, J. A. Saltijeral-Oaxaca, A. Córdova-Izquierdo, comps. *Bienestar animal: Alternativas para la producción de los bovinos*. México: Editorial UAS-Juan Pablos. P. 155-168, 2016.

Soca, Mildrey; Simón, L.; Roque, E.; Soca, Maylin & García, D. E. Influencia de la macrofauna edáfica en la desaparición de las excretas en un sistema silvopastoril. *Pastos y Forrajes*. 29 (2):169-176, 2006.

Solorio, F. J.; Bacab, H. M. & Ramírez, L. Los sistemas silvopastoriles intensivos. Avances de investigación en el valle de Tepalcatepec, Michoacán. *Memorias. III Congreso sobre sistemas silvopastoriles intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI*. Morelia y Tepalcatepec, México: Fundación Produce Michoacán, COFRUPO, SAGARPA, Universidad Autónoma de Yucatán. p 17-31. [CD-ROM], 2011.

Swaby, Yamaris; Sardiñas, Y. & Oquendo, G. Evaluación de un sistema silvopastoril multiasociado a partir de especies adaptadas al agroecosistema centro de Holguín. *Memorias. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical*. La Habana, Cuba. [CD-ROM], 2013.

von Son-de Fernex, Elke; Alonso-Díaz, M. A.; Mendoza-de Gives, P.; Valles-de la Mora, B.; González-Cortazar, M.; Zamilpa, A. *et al*. Elucidation of *Leucaena leucocephala* anthelmintic-like phytochemicals and the ultrastructural damage generated to eggs of *Cooperia* spp. *Vet Parasitol*. 214:89-95, 2015.

Recibido el 31 de octubre del 2016
Aceptado el 7 de mayo del 2017