

The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry

Los Sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería

E. Murgueitio¹, R. Barahona², J. D., Chará¹, M. X. Flores³, R.M. Mauricio⁴ and J. J. Molina^{1,5}

¹Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV, Cali, Colombia

²Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

³Fundación Produce Michoacán. Morelia, México

⁴Profesor Investigador Universidad Federal Sao Joao del-Rei. Minas Gerais, Brasil

⁵Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca, Colombia

Email: enrique@fun.cipav.org.co

The challenge of facing the climatic change in the Latin America animal husbandry is a global priority especially in tropical and subtropical regions. Although the expressions rate of this global phenomenon forces to work quickly in adaptation agendas, it also advances in reducing the main causes (mitigation). In recently way the research and innovation look for productive models that combine mixed attributes of adaptation and mitigation in simultaneous way. One of these is the Intensive Silvopastoral System (ISPS) that has positive results which is already promoted in programs and alliance projects between governments, farmer institutions and institutions of international cooperation. These initiatives contribute to the environmental management of the territory occupied by animal husbandry (in many regions they occupy more than a third of the territory) and can be a tool to reduce deforestation; they are good to rehabilitate degraded lands; increase the production of animal husbandry benefits with low demand of agrochemical and forest at the time that are generator of ecosystem services such as quality and quantity of water, biodiversity conservation and the greenhouse gas reduction. The Intensive Silvopastoral Systems (ISPS) are a use of land within the Livestock Agricultural Forestry Systems (LAFS) characterized by simultaneous applying several agro-ecological principles. They combine forage shrubs in high density for direct browsing; they use several tropical or subtropical grasses and wood tress species, palms or fruit trees. The ISPS uses rotational grazing with electric fences and tapes, and guarantees good water in mobile water trough and mineralized salt for cattle (milk, meat, dual purpose) and sheeps. This article provides an update synthesis on research conducted mostly in Latin America, which show an increase in meat and milk production with obvious attributes of sustainability.

Key words: *Intensive silvopastoral systems, sustainable animal husbandry, climatic change*

El reto de enfrentar al cambio climático en la ganadería de América Latina es una prioridad mundial especialmente en regiones tropicales y subtropicales. Aunque la velocidad de las expresiones de este fenómeno global obliga a trabajar con rapidez en agendas de adaptación, también se avanza en la reducción de las causas principales (mitigación). En forma reciente la investigación y la innovación buscan modelos productivos que combinen atributos mixtos de adaptación y mitigación en forma simultánea. Uno de estos es el Sistema Silvopastoral Intensivo (SSPi) que tiene resultados positivos que ya es promovido en programas y proyectos de alianzas entre gobiernos, organizaciones de productores e instituciones de cooperación internacional. Estas iniciativas contribuyen al ordenamiento ambiental del territorio ocupado por la ganadería (en muchas regiones ocupan más de la tercera parte del territorio) y pueden ser una herramienta para reducir la deforestación; sirven para rehabilitar tierras degradadas; incrementan la producción de bienes pecuarios con baja demanda de agroquímicos y forestales al tiempo que son generadoras de servicios ecosistémicos tales como la calidad y cantidad de agua, la conservación de la biodiversidad y la reducción de gases con efecto de invernadero. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) son un uso de la tierra dentro de la modalidad de los Sistemas Agroforestales Pecuarios (SAFP) caracterizados por aplicar simultáneamente varios principios agroecológicos. Combinan arbustos forrajeros en alta densidad para el ramoneo directo; emplean varios pastos tropicales o subtropicales y especies de árboles maderables, palmas o árboles frutales. El SSPi emplea el pastoreo rotacional con cercas y cintas eléctricas, y garantiza agua de buena calidad en bebederos móviles y sal mineralizada para bovinos (leche, carne, doble propósito) y ovinos. Este artículo ofrece una síntesis actualizada de trabajos de investigación en su mayoría realizados en América Latina, que evidencian el incremento de la producción de carne y leche con evidentes atributos de sustentabilidad.

Palabras clave: *Sistemas silvopastoriles intensivos, ganadería sostenible, cambio climático*

INTRODUCTION

Most of the animal husbandry in tropical and subtropical America is carried out in native meadows and/ or selected with tendency towards monoculture uses. Compared with the used diets in industrial production systems (fattening in pen, intensive dairies), the feeding on grazing is of low cost as minimum inputs are used at the time that large extensions of land are used with low investment and poor human labor demand. However, this type of

INTRODUCCION

La mayor parte de la ganadería bovina en América tropical y subtropical se realiza en praderas nativas y/o seleccionadas con tendencia hacia manejos de monocultivos. Comparada con las dietas empleadas en sistemas industriales de producción (engorde en corral, lecherías intensivas), la alimentación en el pastoreo es de bajo costo pues se emplean mínimos insumos al tiempo que se ocupan grandes extensiones de tierra con baja inversión y escasa demanda de mano de obra. Sin

production is not stable since, it is subjected to the climatic seasonality which in turn generates great variations in forage production; as well as the low nutritional quality of the grasses used for grazing (Barahona *et al.* 2014).

Tropical grasses are characterized for low to medium energy availability (Wilkins 2000) which is associated with high content of structural carbohydrates, low indicators of soluble carbohydrates, protein values lower than 7% and lower digestibility to 55% (Barahona *et al.* 2014). During the dry season, that varies from two to six months according to regions (sub-humid tropic to dry tropic), the dry matter availability dramatically decreased. Moreover, the low levels of crude protein, minerals and some vitamins, in tropical grasses, tend to rapidly decrease during the dry season. As a result, cattle loss weight and milk production decreases. Thus for decades it seeks through research in forage species and cattle production systems, to modify the supply of feed strategic components (Ku Vera *et al.* 2011, Ayala-Burgos and Aguilar Pérez 2011 and Barahona *et al.* 2014).

Moreover, it is recognized that in Latin America and the Caribbean animal husbandry registers low productivity and competitiveness levels in most of the tropical cattle systems as a result of natural resources depletion and the environmental impacts (Acosta 2010). The negative effects of animal husbandry grazing on the environment continues researching, while the international community is pushing for the cattle sector of the region reduces the greenhouse gas emissions (GGE) such as carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrogen dioxide (NO₂) (Peters *et al.* 2013). For this it has proposed an integrated intervention including reducing deforestation and the use of fire; the improvement and diversification of the animals diet, the use of natural sources of nutrients (atmospheric nitrogen fixation and nutrients recycling); encouraging biological processes in place of agrochemicals (Chará and Giraldo 2011) and the transformation of grasses monocultures toward the agro-silvopastoral systems (Montagnini 2011).

The silvopastoral systems are a type of agricultural forestry system in which interacts in a simultaneous way perennial woody plant (trees or shrubs), herbaceous or twining plants (grasses, herbaceous legumes and weeds) and domestic animals mainly cattle, horses, sheep and caprine (Montagnini 2011). It combines in the same space several plants strata dedicated to animal feeding, forages as grasses and creeping legumes, with shrubs and trees.

The trees can be selected in groups that differ in their function and supply of goods and services. A group of them is considered valuable because they produce wood for joinery and constructions as

embargo, este tipo de producción no es estable ya que, está sometida a la estacionalidad climática que a su vez genera grandes variaciones en la producción forrajera; así como baja calidad nutricional de las gramíneas usadas para pastoreo (Barahona *et al.* 2014).

Las gramíneas tropicales se caracterizan por baja a mediana disponibilidad de energía (Wilkins 2000) lo cual está asociado con alto contenido de carbohidratos estructurales, bajos tenores de carbohidratos solubles, valores de proteína inferiores al 7% y digestibilidades menores a 55% (Barahona *et al.* 2014). Durante la estación seca, que varía de dos a seis meses según las regiones (trópico subhúmedo hasta trópico seco), la disponibilidad de materia seca disminuye dramáticamente. Por otra parte, los bajos niveles de proteína cruda, minerales y algunas vitaminas, en las gramíneas tropicales, tienden a disminuir rápidamente durante la estación seca. Como resultado de ello, el ganado pierde peso y la producción de leche se reduce. Por esta razón desde hace décadas se busca a través de la investigación en especies forrajeras y sistemas de producción ganadera, modificar la oferta de componentes estratégicos de la alimentación (Ku Vera *et al.* 2011, Ayala-Burgos y Aguilar Pérez. 2011 y Barahona *et al.* 2014)

Por otra parte, se reconoce que en América Latina y el Caribe la ganadería registra bajos niveles de productividad y competitividad en la mayor parte de los sistemas ganaderos tropicales como consecuencia del agotamiento de los recursos naturales y los impactos ambientales (Acosta 2010). Los efectos negativos de la ganadería de pastoreo en el medio ambiente se continúan investigando, mientras la comunidad internacional presiona para que el sector ganadero de la región reduzca las emisiones de gases con efecto de invernadero (GEI) como son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) (Peters *et al.* 2013). Para esto se ha propuesto una intervención integrada que incluye reducción de la deforestación y del uso del fuego; el mejoramiento y diversificación de la dieta de los animales, el empleo de fuentes naturales de nutrientes (fijación de nitrógeno atmosférico y reciclaje de nutrientes); el estímulo a procesos biológicos en sustitución de los agroquímicos (Chará y Giraldo 2011) y la transformación de los monocultivos de pastos hacia los sistemas agrosilvopastoriles (Montagnini 2011).

Los sistemas silvopastoriles son un tipo de sistema agroforestal en el cual interactúan en forma simultánea plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), plantas herbáceas o volubles (pastos, leguminosas herbáceas y arvenses) y animales domésticos principalmente bovinos, équidos, ovinos y caprinos (Montagnini 2011). Combina en el mismo espacio varios estratos de plantas destinadas a la alimentación animal, forrajeras como gramíneas y leguminosas rastreras, con arbustos y árboles.

Los árboles se pueden seleccionar en grupos que difieren en su función y suministro de bienes y servicios. Un grupo de ellos se consideran valiosos porque producen madera para ebanistería y construcciones como

mahogany tree (*Swietenia macrophylla* King) and the tropical cedar (*Cedrela odorata* L. from Meliaceae family). Others for cellulose or dendroenergetic production as pine tree (*Pinus ssp.*, Pinaceae family) and the eucalyptus (*Eucalyptus spp.*, Myrtaceae family); (Calle *et al.* 2012 and Colcombet *et al.* 2015). Another group of trees are dedicated to give direct benefit to the cattle with foliage, shade and eatable fruits; for example carobs or mesquites (*Prosopis ssp.*, Leguminosae: Mimosoideae family) or the saman, or janissary (*Samanea saman* [Jacq.] Merrill) and the quick stick tree (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp Fabaceae family) (Murgueitio *et al.* 2015). Finally a third group is that of fruit trees, used as human and animal food among those are the guava (*Psidium guajaba* L., Myrtaceae family) and the mango (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae family) (Patiño 2002 and Cardozo 2007).

la caoba (*Swietenia macrophylla* King) y el cedro tropical (*Cedrela odorata* L. de la familia Meliaceae). Otros para la producción de celulosa o biomasa dendroenergética como los pinos (*Pinus ssp.*, familia Pinaceae) y los eucaliptos (*Eucalyptus spp.*, familia Myrtaceae); (Colcombet *et al.* 2015 y Calle *et al.* 2012). Otro grupo de árboles están destinados a dar beneficios directos al ganado con follaje, sombra y frutos comestibles; por ejemplo los algarrobos o mezquites (*Prosopis ssp.*, familia Leguminosae: Mimosoideae) o el samán, o jenízaro (*Samanea saman* [Jacq.] Merrill) y el matarratón o madero negro (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Kunth ex Walp familia Fabaceae) (Murgueitio *et al.* 2015). Finalmente un tercer grupo es el de los árboles frutales, empleados como alimento para humanos y animales entre los que se destacan la guayaba (*Psidium guajaba* L., familia Myrtaceae) y el mango (*Mangifera indica* L., familia Anacardiaceae) (Patiño 2002 y Cardozo 2007).

CATTLE INTENSIFICATION WITH THE INTENSIVE SILVOPASTORAL SYSTEMS INTENSIFICACIÓN GANADERA CON SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS

The cattle intensification with adaptation to the climatic change requires applying agro-ecological principles that allow raising the efficiency of several essential biophysical process as the photosynthesis in three or four plant strata; the nitrogen fixation and nutrient recycling with the purpose of to increase the production and the biomass quality and to increase the content of the soil organic matter (Murgueitio *et al.* 2015).

The ISPS are a modality of the livestock agricultural forestry system dedicated to meat and milk production as well as wood, fruits and other associated goods. In the ISPS interacts in the same space and time one or more species from different strata. In the herbaceous stratum are the native forage grasses from America (*Axonopus*, *Paspalum* genus and others) or introduced (*Cynodon*, *Megathyrsus*, *Brachiaria*, *Urochloa*, *Pennisetum*, *Dichanthium*, *Cenchrus*, *Bothriochloa* genus and others); as well as legumes herbaceous plants (*Desmodium*, *Centrosema*, *Calopogonium*, *Pueraria*, *Stylosanthes*, *Clitoria*, *Arachis*, *Teramnus*, *Macroptilium*, *Zornia*, *Trifolium*, *Lotus* genus and others). It follows an stratum of shrubs in high density (between ten and more than 40 thousand plants ha⁻¹) dedicated to cattle browsing with species as *Leucaena leucocephala* (Lam.) of Wit., from the Mimosoideae subfamily; *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, from Asteraceae family; or *Guazuma ulmifolia* Lam., from Malvaceae family. Also the system includes trees of all types in the periphery and paddock divisions as well as dispersed trees or in lines (between 25 and 200 mature trees ha⁻¹) for wood or fruits and palms production (Murgueitio *et al.* 2015). This system requires the permanent offer of good water for animal intake in mobile water trough and balance mineralized

La intensificación ganadera con adaptación al cambio climático requiere aplicar principios agroecológicos que permitan elevar la eficiencia de varios procesos biofísicos esenciales como son la fotosíntesis en tres o cuatro estratos de vegetación; la fijación de nitrógeno y el reciclado de nutrientes con la finalidad de aumentar la producción y la calidad de la biomasa e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo (Murgueitio *et al.* 2015).

Los SSPi son una modalidad de sistema agroforestal pecuario destinado a la producción de carne y leche así como madera, frutas y otros bienes asociados. En el SSPi interactúan en el mismo espacio y tiempo una o más especies de diferentes estratos. En el estrato herbáceo se encuentran gramíneas forrajeras nativas de América (géneros *Axonopus*, *Paspalum* y otros) o introducidas (géneros *Cynodon*, *Megathyrsus*, *Brachiaria*, *Urochloa*, *Pennisetum*, *Dichanthium*, *Cenchrus*, *Bothriochloa* y otros); así como plantas leguminosas herbáceas (géneros *Desmodium*, *Centrosema*, *Calopogonium*, *Pueraria*, *Stylosanthes*, *Clitoria*, *Arachis*, *Teramnus*, *Macroptilium*, *Zornia*, *Trifolium*, *Lotus* y otros). Sigue un estrato de arbustos en alta densidad (entre 10 y hasta más de 40 mil plantas ha⁻¹) destinado al ramoneo del ganado con especies como *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., de la subfamilia Mimosoideae; *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, de la familia Asteraceae; o *Guazuma ulmifolia* Lam., de la familia Malvaceae. Asimismo el sistema incluye árboles de todo tipo en la periferia y divisiones de potreros así como árboles dispersos o en líneas (entre 25 y 200 árboles adultos ha⁻¹) para producción de madera o frutas y palmas (Murgueitio *et al.* 2015). Este sistema requiere la oferta permanente de agua apropiada para el consumo animal en bebederos móviles y sal mineralizada balanceada. La periferia de los potreros se establecen con cercas vivas y el ganado se maneja con cercas o cintas

salt. The paddocks periphery are established with live fences and cattle are managed by electrical fences fixed or mobile according to the rotation rate and the physiology of forage plants involved (Murgueitio *et al.* 2013a).

Unlike conventional intensive agricultural systems, the ISPS are supported in agro-ecological processes, not in fossil energy and products of industrial synthesis (agrochemicals). So shrubs planted in high density, which differentiate ISPS from other silvopastoral systems (scattered trees in paddocks), perform functions of high atmospheric nitrogen fixation, protect the soil from water and wind erosion while avoided compaction by cattle trampling, improve nutrient recycling, particularly phosphorus (often insoluble in tropical and subtropical soils), and provide habitat for biological control organisms of grasses pests, cattle ectoparasites and also for several functional groups of biodiversity as birds, small mammals, ants, dung beetles, earthworms and other (Fajardo *et al.* 2010, Giraldo *et al.* 2011, Murgueitio *et al.* 2011 and Rivera *et al.* 2013).

HIGHER MEAT AND MILK PRODUCTION MAYOR PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE

The ISPS stand to reduce the seasonality crisis of reproduction because cattle have better food at critical drought times (Molina *et al.* 2011 and Broom *et al.* 2013) and throughout the time are able to increase meat and milk production to lower financial costs (Reyes 2015). The highest effect occurs with increasing stocking rate (up to four times against extensive grazing) and consequently the meat and milk production per hectare per year (Murgueitio *et al.* 2015 and Reyes 2015) with evidence of being products of high nutritional quality (Mahecha *et al.* 2011 and Corral-Flores *et al.* 2012).

The ISPS is mainly used by cattle (Murgueitio *et al.* 2015) and to a lesser scale by sheep (Uribe *et al.* 2013) that benefit from abundant forage supply in an environment of low heat stress with high welfare (Broom *et al.* 2013). They are managed with fences and electrical tapes by rotational grazing with high stocking rates (between 800 and 2000 kg of live weight ha⁻¹) for very short periods, from 12 at 36 hours, and longer rest periods, between 35 up to 50 days or more (Murgueitio *et al.* 2015).

The forage shrub with more research and dissemination between farmers is the *Leucaena leucocephala* cultivar Cunningham, offers higher advantages for browsing by its flexibility in the branches, high nitrogen fixation, lower mimosine contents, drought tolerance, high regrowth capacity, total acceptance by ruminants and persistence after planting (Uribe *et al.* 2011). Used with high initial densities (planting 8 at 10 kg seed ha⁻¹) is inoculated

eléctricas fijas o móviles de acuerdo con la tasa de rotación y la fisiología de las plantas forrajeras involucradas (Murgueitio *et al.* 2013a).

A diferencia de los sistemas agrícolas intensivos convencionales, los SSPi se soportan en procesos agroecológicos, no en energía fósil ni en productos de síntesis industrial (agroquímicos). Así los arbustos sembrados en muy alta densidad, que diferencian al SSPi de otros sistemas silvopastoriles (por ejemplo árboles dispersos en potreros), cumplen funciones de elevada fijación de nitrógeno atmosférico, protegen el suelo de la erosión hídrica y eólica al tiempo que evitan la compactación por el pisoteo del ganado, mejoran el reciclaje de nutrientes, en especial del fósforo (muchas veces insoluble en suelos tropicales y subtropicales), y ofrecen hábitat para organismos controladores biológicos de las plagas de los pastos, ectoparásitos del ganado y también para varios grupos funcionales de la biodiversidad como aves, pequeños mamíferos, hormigas, escarabajos estercoleros, lombrices de tierra y otros (Fajardo *et al.* 2010, Giraldo *et al.* 2011, Murgueitio *et al.* 2011 y Rivera *et al.* 2013).

Los SSPi se destacan por reducir las crisis de estacionalidad de la reproducción porque el ganado tiene mejor alimentación en épocas críticas de sequía (Molina *et al.* 2011 y Broom *et al.* 2013) y a lo largo del tiempo son capaces de incrementar la producción de carne y leche a menores costos financieros (Reyes 2015). El mayor efecto se da con el aumento en la carga animal (hasta cuatro veces superior frente a pastoreo extensivo) y en consecuencia la producción de carne y leche por hectárea por año (Murgueitio *et al.* 2015 y Reyes 2015) con evidencias de ser productos de elevada calidad nutricional (Mahecha *et al.* 2011 y Corral-Flores *et al.* 2012).

El SSPi es aprovechado principalmente por bovinos (Murgueitio *et al.* 2015) y en menor escala por ovinos (Uribe *et al.* 2013) que se benefician de abundante oferta de forrajes en un ambiente de bajo estrés calórico con alto bienestar animal (Broom *et al.* 2013). Se manejan con cercas y cintas eléctricas mediante pastoreo rotacional con altas cargas (entre 800 y 2000 kg de peso vivo ha⁻¹) por períodos muy cortos, de 12 a 36 horas, y largos períodos de descanso, entre 35 hasta 50 días o más (Murgueitio *et al.* 2015).

El arbusto forrajero con más investigación y difusión entre productores es la *Leucaena leucocephala* cuyo cultivar Cunningham, ofrece mayores ventajas para el ramoneo por su flexibilidad en las ramas, elevada fijación de nitrógeno, menores contenidos de mimosina, tolerancia a la sequía, alta capacidad de rebrote, aceptación total por los rumiantes y persistencia después de sembrado (Uribe *et al.* 2011). Empleado con altas densidades iniciales (siembras de 8 a 10 kg de semilla ha⁻¹) se inocula con bacterias

with specific fixatives bacteria (Rhizobium), is sown by machine on flat land or with gently declivity and cultivated associated to tropical grasses chosen for their high biomass production, shade adaptation and positive response to nitrogen (Molina *et al.* 2011).

Leucaena leucocephala forage is three times richer in protein 22.3 at 30% (Rivera *et al.* 2015) than tropical grasses, also has low fiber with maximum values not exceeding 41% neutral detergent fiber (NDF) and 30% of acid detergent fiber (ADF) (Barahona *et al.* 2014). Researches from the ISPS of this shrub with tropical grasses (*Cynodon plectostachyus* and *Megathyrsus maximus*) in Colombia have recorded forage biomass productions (leucaena and grasses) in a range of 15.6 to 19.2 tons of dry matter ha⁻¹ year⁻¹. In these studies it was concluded that legume contributes 25% of the total intake diet, which favors in the animal's diet increased 25% CP and 15% decrease in the NDF and 16% in the ADF, as well as 30% increase in the calcium (Rivera *et al.* 2015). Similar data were published in Mexican studies (Ayala- Burgos and Aguilar-Pérez 2011 and Ku Vera *et al.* 2011). This allows achieving stocking rates ranging by region and climate between 2.0 and 4.5 AU (animal unit = AU = 450 kg live weight) higher to continuous grazing in savannas (5 times) or in selected grasses without fertilization (two to three times) and close or equal to those achieved with irrigation and fertilization of tropical grasses (Murgueitio *et al.* 2015).

Recent researches in Colombia and Mexico found similar results in the increased production of meat in silvopastoral system per unit area (800 a > 1800 kg / ha / year⁻¹) without the use of fertilizers on crops or supplements and anabolic in the cattle. Also these studies show good yields in carcass, lean meat production, desirable color of subcutaneous fat for the market and fatty acid composition as desired modern markets, that is containing higher content of poly-unsaturated fatty acids such as conjugated oleic and linoleic acids (CLA) and antioxidants such as vitamin E (Corral-Flores *et al.* 2011, Mahecha *et al.* 2011 and Corral-Flores *et al.* 2012).

Thanks to the high biomass production in the rainy seasons and the lowest reduction of it and their quality and in the dry seasons, the trees and the interaction between forage grasses and legumes also favor the bovine milk production in dual-purpose systems or specialized in milk production. The load per unit area is the main supporting of milk production per hectare to less cost and reducing the falling production under adverse climatic conditions (Rivera *et al.* 2011 and Paciullo *et al.* 2014). It has also been researched the metabolic balance in tropical dairy cows in the fifth s thirds of lactation, and the results show that there was not high mobilization of adipose tissue in animals. This means that the forage basal diet, supplied supplementation and cow comfort, favored energy-protein balance of the animals which

fijadores específicas (Rhizobium), se siembra en forma mecanizada en terrenos planos o con pendiente suave y se cultiva consociada a gramíneas tropicales escogidas por su elevada producción de biomasa, adaptación a la sombra y respuesta positiva al nitrógeno (Molina *et al.* 2011).

El forraje de *Leucaena leucocephala* es tres veces más rico en proteína con 22,3 a 30% (Rivera *et al.* 2015) que las gramíneas tropicales, además tiene bajo contenido de fibra con valores máximos que no superan el 41% de fibra neutro detergente (FDN) y de 30% de fibra ácido detergente (FDA) (Barahona *et al.* 2014). Investigaciones de los SSPi de este arbusto con pastos tropicales (*Cynodon plectostachyus* y *Megathyrsus maximus*) en Colombia han registrado producciones de biomasa forrajera (leucaena y gramíneas) en un rango de 15.6 a 19.2 toneladas de materia seca ha⁻¹ año⁻¹. En estos trabajos se concluyó que la leguminosa contribuye con el 25% de la dieta total consumida, lo que favorece en la dieta del animal aumento de 25% en PC y disminución de 15% en el contenido de FDN y 16% en la FDA, así como aumento de 30% en el de calcio (Rivera *et al.* 2015). Datos similares se publicaron en trabajos mexicanos (Ayala; Burgos y Aguilar Pérez 2011 y Ku Vera *et al.* 2011). Esto permite alcanzar cargas animales que oscilan según la región y el clima entre 2,0 y 4,5 UA (unidad animal = UA = 450 kg de peso vivo) superiores al pastoreo continuo en sabanas (5 veces) o en pastos seleccionados sin fertilización (dos a tres veces) y cercanas o iguales a las que se logran con riego y fertilización de gramíneas tropicales (Murgueitio *et al.* 2015).

Investigaciones recientes en Colombia y México encontraron resultados similares en la elevada producción de carne en silvopastoreo por unidad de superficie (800 a >1800 kg/ha/año⁻¹) sin empleo de fertilizantes en los cultivos o suplementos y anabólicos en el ganado. También estos trabajos evidencian buenos rendimientos en canal, producción de carne magra, color deseable de la grasa subcutánea para el mercado y composición de ácidos grasos como la que desean los mercados modernos, esto es que contengan mayor tenor de ácidos grasos poli-insaturados como los ácidos oleico y linoléico conjugado (CLA) y antioxidantes como la vitamina E (Corral-Flores *et al.* 2011, Mahecha *et al.* 2011 y Corral-Flores *et al.* 2012,).

Gracias a la elevada producción de biomasa en las estaciones de lluvia y a la menor reducción de la misma y de su calidad en las épocas secas, los árboles y la interacción entre pastos y leguminosas forrajeras también favorecen la producción de leche bovina en sistemas de doble propósito o especializados en la producción de leche. La carga por unidad de superficie es el principal soporte de producciones de leche por hectárea a menos costo y reduciendo la caída de la producción en condiciones climáticas adversas (Rivera *et al.* 2011 y Paciullo *et al.* 2014). También se ha investigado el balance metabólico en vacas lecheras tropicales en el primer tercio de lactancia, y los resultados muestran que no hubo movilización elevada de tejido adiposo en los animales. Esto significa que tanto la dieta basal de forrajes, la suplementación suministrada y el confort de las vacas,

were found under balance metabolic conditions with normal indicators, clearing the doubts of a supposed high amount of protein in the ISPS diet (Molina *et al.* 2013).

To improve the habitats biodiversity, provide fruits and more comfort with shade for cattle, the design is enriched with trees in a third and fourth stratum of wood trees or fruits and palms species. In addition to these innovations, the animals management techniques are also improved for a grazing lead to the rapid rotation of animals, where they only intake fresh biomass. In that way high stocking rates are get, during short periods, in an environment with dim shadow that allows the immediate intake of the shrubs and grasses biomass, followed by long periods of rest and recovery (Bacab-Pérez and Solorio-Sánchez 2011 and Murgueitio *et al.* 2015).

favorecieron el balance energía-proteína de los animales quienes se encontraron en condiciones de equilibrio metabólico con indicadores normales, despejando así las dudas de una supuesta cantidad elevada de proteína en la dieta SSPi (Molina *et al.* 2013).

Para mejorar la biodiversidad de hábitats, ofrecer frutos y más confort con sombra para el ganado, se enriquece el diseño con árboles en un tercer y cuarto estrato de especies de árboles maderables o frutales y palmas. Además de estas innovaciones, las técnicas de manejo de los animales también se mejoraron para un pastoreo dirigido a la rotación rápida de los animales, donde éstos consumen solamente biomasa fresca. Se consiguen así cargas animales altas, durante periodos cortos, en un ambiente con sombra tenue que permite el consumo inmediato de la biomasa de los arbustos y los pastos, seguido por periodos de descanso y recuperación largos (Bacab-Pérez y Solorio-Sánchez 2011 y Murgueitio *et al.* 2015).

OTHER SHRUBS FOR BROWSING AT HIGH DENSITIES OTROS ARBUSTOS PARA RAMONEO EN ALTAS DENSIDADES

Another researched species and increasingly widespread in recent years in the ISPS is *Tithonia diversifolia* known as tithonia, Mexican sunflower or the marigold. It is a herbaceous plant that reaches heights up to five meters, which is distributed naturally from the central and southern of Mexico, Central America and northern of South America, although today is found in several regions of the world including the Caribbean islands (Peters *et al.* 2002 and Maina *et al.* 2012). It is considered as a strategy in the assembly of ISPS for their ability to adapt to various environmental conditions such as humid subtropical and tropical agro-ecosystems, sub-humid and mountainous. In equatorial areas it is adapted from sea level up to 2500 m o.s.l and from 800 up to 5000 mm of annual precipitation (Calle and Murgueitio 2008). It adapts to multiple edaphic conditions as sandy soil, loam, clay with wide spectrum of fertility, although it emphasizes especially its adaptation to soils from acid to very acid with high presence of iron and aluminum ions which are limiting for good *Leucaena leucocephala* performance (Rivera *et al.* 2011 and Mauricio *et al.* 2014).

The regrowth capacity and rapid growth, the high protein value, calcium (Ca) and phosphorus (P) in the foliage (leaves and green stems) and their tolerance to browsing and trampling by cattle have favored the research papers and technology adaptation of Botón de Oro as the main shrub in ISPS especially for milk production where it is recorded that the quality of milk can improve (Mahecha *et al.* 2007, Pérez *et al.* 2009 and Mauricio *et al.* 2014) or not alters milk composition when is used as partial replacement of soybeans and corn in diets for cows of high milk production (Ribeiro *et al.* 2015).

Otra especie investigada y con difusión creciente en los últimos años en los SSPi es *Tithonia diversifolia* conocida como Botón de Oro, Mirasol, Árnica o Girasol de Monte. Es una planta herbácea que alcanza alturas hasta de cinco metros, la cual se distribuye naturalmente desde el centro y sur de México, América Central y el norte de Suramérica, aunque en la actualidad se encuentra en varias regiones del mundo incluso las islas del Caribe (Peters *et al.* 2002 y Maina *et al.* 2012,). Es considerada como estratégica en el ensamblaje de SSPi por su capacidad de adaptación a múltiples condiciones ambientales como agroecosistemas subtropicales y tropicales húmedos, subhúmedos y montañosos. En zonas ecuatoriales se adapta desde el nivel del mar hasta 2500 msnm y desde 800 a 5000 mm de precipitación anual (Calle y Murgueitio 2008). Se adapta a múltiples condiciones edáficas como suelos arenosos, francos, arcillosos con amplio espectro de fertilidad, aunque se resalta de manera especial su adaptación a suelos desde ácidos a muy ácidos con elevada presencia de iones de hierro y aluminio que son limitantes para el buen desempeño de *Leucaena leucocephala* (Rivera *et al.* 2011 y Mauricio *et al.* 2014).

La capacidad de rebrote y rápido crecimiento, el alto valor de proteína, calcio (Ca) y fósforo (P) en el follaje (hojas y tallos verdes) y su tolerancia al ramoneo y pisoteo por el ganado han favorecido los trabajos de investigación y adaptación tecnológica del Botón de Oro como el arbusto principal en SSPi en especial para la producción de leche donde se registra que puede mejorar la calidad de la leche (Mahecha *et al.* 2007, Pérez *et al.* 2009 y Mauricio *et al.* 2014) o no altera la composición de la leche cuando se emplea como sustitución parcial de la soya y del maíz en dietas para vacas de alta producción lechera (Ribeiro *et al.* 2015).

The multipurpose tree *Guazuma ulmifolia* (common name Guacimo or Caulote) is also of importance for the ISPS as forage source in browsing, besides that its fruits are edible by domestic animals and traditionally is used as shade for cattle, firewood and charcoal. At present research studies are performed in Mexico (Villa-Herrera *et al.* 2009 and Manriquez-Mendoza *et al.* 2011), Panama and Colombia management it with pruning as forage shrub for browsing and high-density planting. This tree grows in flat lands and gently rolling from 27° north latitude in Mexico up to 28° South latitude in Paraguay and northern Argentina, and also in the Caribbean islands. It adapts to warm climates, as wet and dry, from the tropics and subtropics. It is found from sea level to 1200 meters altitude in premontane areas. Its optimum range of annual rainfall is between 700 and 1500 mm. Most of the natural range of guacimo is characterized by a dry season lasting from two to seven months (Cordero and Boshier 2003).

The protein content of guacimo varies between 13 and 17 % on leaves and 7-10% on fruits; in the young leaves crude protein varies between 16 and 23% in young stems and between 7 and 8%. A research carried out in Venezuela recorded crude protein level of 22.25%, gross energy of 15.96 kJ per gram of dry matter, 9.25% ash and low tannin content on guacimo leaves (Calle and Murgueitio 2011). *Guazuma ulmifolia* is important in the ISPS because it adapts to marginal areas restricted for *Leucaena leucocephala* as those with high groundwater level, flooded or subjected to periodic flooding. The researches focus on propagation systems more financial, in tropical cattle diets (Creole Dairy Mexican), dual purpose systems or tropical hair sheep for farmers as well as direct sowing with mechanization (Villa-Herrera *et al.* 2009 Galindo *et al.* 2010 and Manriquez-Mendoza *et al.* 2011).

For areas of high tropical mountains between forage of shrub plants with potential for ISPS is the *Sambucus peruviana* Kunth (syn *S. nigra*), which in equatorial regions has a range of altitudinal adaptation from 2000-3500 m o.s.l. Its foliage is avidly intake by cattle, it is frost tolerant with rapid regrowth after the heavy falls in temperature and rapid recovery if it is compared with forage grown in these environments. The hedges or sambucus or linden barriers are useful to counteract the wind effects and promote the biological control of pests which affects grasses, especially the Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*). The sambucus performance in browsing conditions by cattle is still proven. (Murgueitio *et al.* 2013a).

El árbol de múltiples usos *Guazuma ulmifolia* (nombre común Guácimo(a) o Caulote) es también de importancia para los SSPi como fuente de forraje en ramoneo, además de que sus frutos son comestibles por los animales domésticos y tradicionalmente se emplea como sombra para el ganado, leña y carbón. En la actualidad se realizan trabajos de investigación en México (Villa-Herrera *et al.* 2009 y Manriquez-Mendoza *et al.* 2011), Panamá y Colombia manejándolo con podas como arbusto forrajero para ramoneo y plantado en alta densidad. Este árbol crece en terrenos planos y suavemente ondulados desde los 27° de latitud Norte en México hasta los 28° de latitud Sur en Paraguay y el norte de Argentina, y también en las islas del Caribe. Se adapta a los climas cálidos, tanto húmedos como secos, del trópico y el subtropico. Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 metros de altitud en las zonas premontanas. Su rango óptimo de pluviosidad anual está entre 700 y 1500 mm. La mayor parte del área de distribución natural del guácimo se caracteriza por presentar una estación seca con una duración entre dos y siete meses (Cordero y Boshier 2003).

El contenido de proteína del guácimo varía entre 13 y 17% en las hojas y entre 7-10% en los frutos; en las hojas jóvenes la proteína cruda varía entre 16 y 23% y en los tallos jóvenes entre 7 y 8%. Una investigación realizada en Venezuela registró nivel de proteína bruta de 22,25%, energía bruta de 15,96 KJ por gramo de materia seca, 9,25% de cenizas y bajo contenido de taninos en las hojas del guácimo (Calle y Murgueitio 2011). *Guazuma ulmifolia* es importante en los SSPi porque se adapta a zonas marginales restringidas para la *Leucaena leucocephala* como aquellas con elevado nivel freático, encharcables o sometidas a inundaciones periódicas. Los trabajos de investigación se concentran en sistemas de propagación más económicos, en dietas para ganado tropical (Criollo Lechero Mexicano), sistemas de doble propósito u ovinos tropicales de pelo para pequeños productores así como siembras directas con mecanización (Villa-Herrera *et al.* 2009, Galindo *et al.* 2010 y Manriquez-Mendoza *et al.* 2011).

Para las zonas de altas montañas tropicales entre los forrajes de plantas arbustivas con potencial para SSPi se destaca *Sambucus peruviana* Kunth (syn *S. nigra*), que en las regiones ecuatoriales tiene un rango de adaptación altitudinal desde 2000 hasta 3500 msnm. Su follaje es ávidamente consumido por el ganado, es tolerante a las heladas con rápido rebrote luego de los descensos fuertes de temperatura y recuperación rápida si se compara con forrajes cultivados en estos ambientes. Los setos o barreras de sauco o tilo blanco son útiles para contrarrestar los efectos del viento y promover el control biológico de las plagas que afectan a los pastos, en especial al kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Aún falta probar el comportamiento del sauco en condiciones de ramoneo por el ganado (Murgueitio *et al.* 2013a).

ADAPTING TO CLIMATIC CHANGE WITH ISPS ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO CON SSPI

Rehabilitation of strategic functions in soils. The agricultural forestry systems and silvopastoral systems, acts through several complementary mechanisms to protect the soil from the direct solar radiation thanks to the canopy cover and litter contribution (McNeely and Schroth 2006); the increase of atmospheric nitrogen entry in the presence of shrubs and trees associated with specialized bacteria in fixing this element; the increase in nutrients availability as a result of the higher production and decomposition of trees biomass with higher recovery of nutrients from deeper soil layers thanks to the longest roots of trees (Nair 2011) and improvement in the soil physical properties and increase in microbial activity due to the penetration of tree roots (Nair *et al.* 2008 and Vallejo *et al.* 2012).

Some of these factors in turn reduce the vulnerability of these systems to extremes climatic phenomenon when conserve soil moisture and reduce the drying effect of high temperatures and wind on the productive stratum. In the highlands and temperate climates, trees and shrubs also help to reduce the impact of frost on the grasses (Murgueitio *et al.* 2013b).

The best conditions to soil level in turn favor the edaphic biota that can fulfill important functions. It has been possible to research the work of dung beetles and earthworms in the ISPS, to recover environmental services that are related with soil fertility and improvement in cattle productive systems. The mulch, shade and the particular microclimate conditions of the ISPS helps to restore the edaphic macrofauna, which, during mating and feeding process of beetles, it directly participates in the soil removal process which increases aeration and porosity, prevents compaction and improves the permeability and the water retention capacity (Giraldo *et al.* 2011).

Among the factors concerning the ISPS management that contribute to the conservation of the organisms diversity in the soil and biota in general, it is worth mentioning short occupation periods with instantaneous stocking rates (2 to 4 AU = 900 to 1800) kg, alternates with long rest periods (40 to 60 days) during which happens very little disturbance and soil and plants recover from grazing (Chará *et al.* 2015).

Increased product diversity in the system. A factor that significantly contributes to reducing vulnerability and increasing production within the system is the greatest diversity of animal and plant species. The inclusion of trees and shrubs in the silvopastoral system allows the generation of additional products such as firewood, wood for fences and construction, fruits and fibers, among others that contribute to diversify the incomes or reduce costs within

Rehabilitación de funciones estratégicas en los suelos. Los sistemas agroforestales y los sistemas silvopastoriles, actúan a través de varios mecanismos complementarios para la protección del suelo de la radiación directa del sol gracias a la cobertura de dosel y al aporte de hojarasca (McNeely y Schroth 2006); el incremento de la entrada de nitrógeno atmosférico por la presencia de arbustos y árboles asociados con bacterias especializadas en fijar este elemento; el aumento en la disponibilidad de nutrientes como resultado de la mayor producción y descomposición de la biomasa de los árboles con mayor recuperación de nutrientes de las capas profundas del suelo gracias a las raíces más largas de los árboles (Nair 2011) y mejoría en las propiedades físicas del suelo e incremento en la actividad microbiana por efecto de la penetración de las raíces de los árboles (Nair *et al.* 2008 y Vallejo *et al.* 2012).

Algunos de estos factores a su vez reducen la vulnerabilidad de estos sistemas a fenómenos climáticos extremos al conservar la humedad del suelo y reducir el efecto desecante de las altas temperaturas y el viento sobre el estrato productivo. En las zonas altas o climas templados, los árboles y arbustos contribuyen también a reducir el impacto de las heladas sobre los pastos (Murgueitio *et al.* 2013b).

Las mejores condiciones a nivel del suelo a su vez favorecen la biota edáfica que puede cumplir funciones importantes. Se ha logrado investigar el trabajo de los escarabajos estercoleros y las lombrices de tierra en los SSPi, para recuperar los servicios ambientales que se relacionan con fertilidad y mejoramiento de suelo en los sistemas productivos ganaderos. La cobertura vegetal, la sombra y las condiciones microclimáticas particulares de los SSPi contribuyen a recuperar la macrofauna edáfica, la cual, durante el proceso de apareamiento y alimentación de los escarabajos, participa directamente en el proceso de remoción de suelo lo que incrementa la aireación y porosidad, evita la compactación y mejora la permeabilidad y la capacidad de retención del agua (Giraldo *et al.* 2011).

Entre los factores relativos al manejo de SSPi que contribuyen a la conservación de la diversidad de organismos en el suelo y de la biota en general, vale la pena mencionar los periodos de ocupación cortos con cargas animales instantáneas (2 a 4 UA = 900 a 1800 kg), alternados con largos periodos de descanso (40 a 60 días) durante los cuales ocurre muy poca perturbación y los suelos y las plantas se recuperan del pastoreo (Chará *et al.* 2015).

Incremento en la diversidad de productos en el sistema. Un factor que contribuye notablemente a la reducción de la vulnerabilidad y al incremento de la producción dentro del sistema es la mayor diversidad de especies animales y vegetales. La inclusión de árboles y arbustos en el sistema silvopastoril permite la generación de productos adicionales como leña, madera para cercas y para construcción, frutos y fibras, entre otros que contribuyen a diversificar los

the system, while increased the farmer economic alternatives. The higher diversity also promotes the provision of environmental services related to the biological control of grasses pests or the cattle ectoparasites, pollination and water regulation already mentioned (Murgueitio *et al.* 2015). Additionally many trees species produce fruits rich in sugars and protein that provides important nutrients to the animals in the most critical periods of the year (Cardozo 2007).

CLIMATIC CHANGE MITIGATION WITH ISPS MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO CON SPI

The meadows with good management, appropriate stocking rate according to the climatic season and the requirements of each forage species, without compaction, erosion and overgrazing; have valuable potential for storing organic carbon in the soil, due to the exchange dynamic of this element for the production and death of fine roots in the upper layers (Moreno and Lara 2003). Also the trees and shrubs of the SPS contribute to the high carbon capture per unit area (Montagnini *et al.* 2013). Research studies carried out in the Andean region (Valle del Cauca) in Colombia concluded that the soil at half a meter deep is the system component that stores more carbon with 94.6% of the total, equivalent to 555.43 Mg CO₂ ha⁻¹ in dry season and 559.27 Mg CO₂ ha⁻¹ in rainy season. This contribution is in addition to the carbon fixation in biomass is a test to the mitigation of climatic change (Arias-Giraldo *et al.* 2009).

Another important contribution is the reduction of methane emissions of ruminants. The ISPS which includes high density of *Leucaena leucocephala* allow a mixed diet of grass and legume foliage that reduce methane emissions at 20% as a percentage of the intake gross energy (Molina *et al.* 2015).

DIFFUSION OF THE ISPS DIFUSIÓN DE LOS SSPi

The ISPS are promoted through alliances between governments, farmer organizations and institutions of cooperation for the sustainable rural development because they facilitate the ordering of the territory occupied by animal husbandry and can be a tool to reduce pressure for deforestation (Calle *et al.* 2012), in the same way that favor the fight against the climatic change when having attributes for mitigation as lower gas emissions and higher carbon capture than conventional systems (Naranjo *et al.* 2012, Montagnini *et al.* 2013 and Harvey *et al.* 2013).

In the last years and partly by the reaction to the effects of climatic change and higher demand of livestock products in the regional and global market, it is active works in efforts to scale the benefits of agricultural forestry and silvopastoral systems to

ingresos o reducen los costos dentro del sistema, al tiempo que incrementan las alternativas económicas del productor. La mayor diversidad también favorece la prestación de servicios ambientales relativos al control biológico de plagas de los pastos o de ectoparásitos del ganado, la polinización y la regulación hídrica ya mencionada (Murgueitio *et al.* 2015). Adicionalmente muchas especies de árboles generan frutos ricos en azúcares y proteína que aportan nutrientes importantes a los animales en los periodos más críticos del año (Cardozo 2007).

Las praderas con buen manejo, cargas adecuadas según la estación climática y los requerimientos de cada especie forrajera, sin compactación, erosión ni sobrepastoreo; presentan valioso potencial para almacenar carbono orgánico en el suelo, debido a la dinámica de intercambio de este elemento por la producción y muerte de las raíces finas en las capas más superficiales (Moreno y Lara 2003). También los árboles y arbustos de los SSP contribuyen a la elevada captura de carbono por unidad de área (Montagnini *et al.* 2013). Trabajos de investigación realizados en la región andina (Valle del Cauca) en Colombia concluyen que el suelo a medio metro de profundidad es el componente del sistema que más carbono almacena con 94,6% del total, que equivale a 555,43 Mg CO₂ ha⁻¹ en época seca y 559,27 Mg CO₂ ha⁻¹ en época de lluvias. Este aporte que se suma a la fijación de carbono en la biomasa es una prueba a la mitigación del cambio climático (Arias-Giraldo *et al.* 2009).

Otra contribución importante es la reducción de las emisiones de metano de los rumiantes. Los SSPi que incluyen alta densidad de *Leucaena leucocephala* permiten una dieta mixta de gramíneas y follaje de leguminosa que reduce las emisiones de metano en 20% como porcentaje de la energía bruta consumida (Molina *et al.* 2015).

Los SSPi son promovidos por alianzas entre gobiernos, organizaciones de productores e instituciones de cooperación para el desarrollo rural sustentable porque facilitan el ordenamiento del territorio ocupado por la ganadería y pueden ser una herramienta para reducir la presión por la deforestación (Calle *et al.* 2012), de la misma manera que favorecen la lucha contra el cambio climático al tener atributos para la mitigación como menores emisiones de gases y mayor captura de carbono que sistemas convencionales (Naranjo *et al.* 2012, Montagnini *et al.* 2013 y Harvey *et al.* 2013).

En los últimos años y en parte por la reacción a los efectos del cambio climático y a la mayor demanda de productos pecuarios en el mercado regional y global, se trabaja activamente en iniciativas para escalar los beneficios de los sistemas agroforestales y silvopastoriles

landscapes and regions. The processes are complex because they include elements of cultural change, state policies, technological development, farmer participation and higher knowledge (Calle *et al.* 2013).

In many Latin American countries it is required to modify the weak in the institutional sustainability. For example in Central America, experts agree on the need to generate knowledge in an integrated way between researchers, professionals, technicians, extension workers and farmers while successful results and innovations require communication schemes aimed to public policy makers. For these, between the instruments that can be used, are the strengthening of the capacities of the technical equipments on the establishment and management of the SPS - ISPS, in the development of rural schools, the design of financial support instruments and payment for environmental services. It is stated that the success of these processes depends on the simultaneous and coordinated implementation of various incentives to reach social and economic synergies (Acosta *et al.* 2014). Globally are considered major challenges in the livestock subsector due to the increase in world population and the demand of animal protein, pressing a rapid growth in the immediate future, especially in low-income economies and emerging. This growth must be done without affecting the base of natural resources, ensuring the animals welfare, generation of diversified products and safer food with better quality. The challenges require a concerted and shared action by governments and all sectors of society. For this reason since 2010 the Global Agenda for Sustainable Livestock exists, an initiative that seeks to perform the challenge of increasing the production of animal origin food as well as its impact on natural resources is reduced, the efficiency increased and the farmers livelihoods are protected in different parts of the world.

The agenda has more than fifty members recognized worldwide, including multilateral organizations such as FAO and the World Bank, as well as international research institutes, aid agencies, farmer organizations, private companies, universities and agencies of government research among others. The agenda hopes to influence on the policies and initiatives that affect the animal protein production in the world and their social, environmental, ethical and health effects.

During the fifth international meeting had in Cali (Colombia) in October 2014, in recognition of progress in Latin America and the Caribbean, a global network of silvopastoral systems was proposed, with the strategic vision of becoming a knowledge platform and international exchanges on the integration of animal husbandry with forests and trees, and the communication link between the different actors involved with

a paisajes y regiones. Los procesos son complejos porque incluyen elementos de cambio cultural, políticas de estado, desarrollo tecnológico, participación de los productores y mayor conocimiento (Calle *et al.* 2013).

En muchos países de América Latina se requiere modificar la debilidad en la sostenibilidad de tipo institucional. Por ejemplo en Centroamérica, varios expertos coinciden en la necesidad de generar conocimientos en forma integrada entre investigadores, profesionales, técnicos, extensionistas y productores al tiempo que los resultados exitosos y las innovaciones requieren esquemas de comunicación dirigidas a decisores de políticas públicas. Para éstas, entre los instrumentos que pueden ser utilizados, se señalan el fortalecimiento de las capacidades de los equipos técnicos sobre establecimiento y manejo de los SSP - SSPi, el desarrollo de escuelas de campo, el diseño de instrumentos financieros de apoyo y el pago por servicios ambientales. Se afirma que el éxito de estos procesos dependerá de la aplicación simultánea y articulada de varios incentivos para alcanzar sinergias sociales y económicas (Acosta *et al.* 2014).

A nivel mundial se consideran grandes retos en el subsector ganadero debido al incremento de la población mundial y la demanda de proteínas de origen animal, que presionan un rápido crecimiento en el futuro inmediato, sobre todo en las economías de bajos ingresos y en las emergentes. Este crecimiento debe realizarse sin afectar más la base de recursos naturales, con garantía del bienestar de los animales, generación de productos diversificados y alimentos más seguros con mejor calidad. Los retos precisan de una acción concertada y compartida por gobiernos y todos los sectores de la sociedad. Por esta razón existe desde el año 2010 la Agenda Global por la Ganadería Sostenible, una iniciativa que busca cumplir con el reto de incrementar la producción de alimentos de origen animal a la vez que se reduce su impacto en los recursos naturales, se incrementa la eficiencia y se protegen los medios de vida de productores en diferentes partes del mundo.

La agenda cuenta con más de medio centenar de miembros reconocidos en todo el mundo, entre los que se cuentan organizaciones multilaterales como la FAO y el Banco Mundial, así como institutos de investigación internacional, agencias de cooperación, organizaciones de productores, compañías privadas, universidades y agencias de investigación gubernamentales entre otros. La agenda espera influir de manera determinante en las políticas e iniciativas que afectan la producción de proteína animal en el mundo y sus efectos sociales, ambientales, éticos y de salud.

Durante la quinta reunión internacional ocurrida en Cali (Colombia) en octubre de 2014, en reconocimiento de los avances en América Latina y el Caribe, se propuso la creación de una Red Global de Sistemas Silvopastoriles, con la visión estratégica de ser una plataforma de conocimiento e intercambios internacionales sobre la integración de la ganadería con los bosques y árboles, y el puente de comunicación entre los diferentes actores

sustainable animal husbandry. Surely, the Intensive Silvopastoral Systems played an important role in this new initiative that will benefit other parts of the continent and the world.

CONCLUSIONS

After more than two decades of research and practical experience, the ISPS show evidence of having high efficiency to transform solar energy into plant biomass and this in meat, milk and other goods (wood, fruits) without resorting to fossil energy and agrochemicals products. There are also of interest in public policies and projects that seek the land and environmental management of lands and livestock systems because they help to the sustainable use of land and recover the economic potential and the generation of environmental services of agro ecosystems.

The *Leucaena leucocephala* and *Tithonia diversifolia* species are those with higher scientific support and practical application, as components of forage shrub stratum of high density that identifies the Intensive Silvopastoral System. Moreover, the *Megathyrsus* and *Cynodon* grasses genus are the most studied in ISPS, but it progress in the knowledge of other species cultivars (*Urochloa*, *Brachiaria*, *Axonopus* and *Pennisetum*).

relacionados con la ganadería sostenible. Sin duda, los Sistemas Silvopastoriles Intensivos desempeñaron un papel importante en esta nueva iniciativa que llevará beneficios a otros lugares del continente y del mundo.

CONCLUSIONES

Después de más de dos décadas de investigación y experiencias prácticas, los SSPi muestran evidencias de poseer elevada eficiencia para transformar la energía solar en biomasa vegetal y ésta en carne, leche y otros bienes (madera, frutas) sin necesidad de recurrir a la energía fósil y a los productos agroquímicos. También son de interés en políticas públicas y proyectos que busquen el ordenamiento territorial y ambiental de los predios y sistemas ganaderos porque ayudan al uso sustentable de la tierra y recuperan el potencial económico y la generación de servicios ambientales de los agroecosistemas.

Las especies *Leucaena leucocephala* y *Tithonia diversifolia* son las que tienen mayor soporte científico y aplicación práctica, como componentes del estrato forrajero arbustivo de alta densidad que identifica al Sistema Silvopastoril Intensivo. Por otra parte, los géneros de gramíneas *Cynodon* y *Megathyrsus* son los más estudiados en SSPi, pero se progresa en el conocimiento de cultivares de otra especies (*Urochloa*, *Brachiaria*, *Axonopus* y *Pennisetum*).

REFERENCES

- Acosta, A. 2010. Cambio Climático y Desarrollo Pecuario: Desafíos Institucionales para el Desarrollo Sostenible de Sistemas Silvopastoriles en Centroamérica. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible, Panamá, Eds. M. Ibrahim y E. Murgueitio. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 160 p. Serie técnica no.15.
- Acosta, A. Murgueitio, E. Zapata, C. & Solarte, A. 2014. Establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles institucionalmente sostenibles In: Acosta and A., Díaz, T. (Eds.). Lineamientos de Política para el desarrollo sostenible del sector ganadero. Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 112 p.
- Arias-Giraldo, LM., Camargo, JC., Dossman, MA., Echeverry, MA., Rodriguez, JA., Molina, CH., Molina, EJ. & Melo, I. D. 2009. Estimación de biomasa aérea y desarrollo de modelos alométricos para *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles de alta densidad en el valle del Cauca, Colombia. Recursos Naturales y Ambiente 58:32-39.
- Ayala-Burgos, A. & Aguilar-Pérez, C. 2011. Balance energético/proteico para intensificar la producción animal en los sistemas silvopastoriles. III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. Morelia, Michoacán, México.
- Bacab-Pérez, HM. & Solorio-Sánchez, FJ. 2011 Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. Tropical and Subtropical. Agroecosystems 13:271-278.
- Barahona, R., Sánchez, MS., Murgueitio, E. & Chará, J. 2014. 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. In: Premio Nacional de Ganadería José Raimundo Sojo Zambrano, modalidad Investigación Científica. Bogotá, Colombia, Revista Carta Fedegán 140:66-69.
- Broom, DM., Galindo, FM. & Murgueitio, E. 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences 280:2013-2025.
- Calle, Z., Murgueitio, E. 2008. El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. Bogotá, Colombia, Revista Carta Fedegán 108:54-63.
- Calle, Z. & Murgueitio, E. 2011. El guácimo: uno de los árboles más adaptables a los sistemas silvopastoriles del trópico americano. Bogotá, Colombia, Revista Carta Fedegán 121:88-94.
- Calle, Z., Murgueitio, E. & Chará, J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle ranching and landscape restoration. Rome, Italy, FAO, Unasylva 63(239):31-40.
- Calle, Z., Murgueitio, E., Chará, J., Molina, CH., Zuluaga, AF. & Calle, A. 2013. A Strategy for Scaling-Up Intensive Silvopastoral Systems in Colombia. Journal of Sustainable Forestry 32(7):677-693.
- Cardozo, A. 2007. Los Frutos de Árboles Forrajeros en la Alimentación Animal. II Seminario Nacional de Investigación Agroforestal en Venezuela. Publicación digital. San Javier, Yaracuy, Venezuela, Memoria digital, Fundación Polar.

- Chará J. & Giraldo C. 2011. Servicios Ambientales de la Biodiversidad en Paisajes Agropecuarios. Fundación CIPAV, Cali. 76 p.
- Chará, J., Camargo, J. C., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M. & Molina, CH. 2015. Servicios ambientales de Sistemas Silvopastoriles Intensivos: mejora en propiedades del suelo y restauración ecológica. In: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 454 pp.
- Colcombet, L., Esquivel, J., Fassola, H., Goldfarb, MC., Lacorte, S., Pachas, N., Rossner, B. & Winck, RA. 2015. Los sistemas silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes, Argentina. In: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. and Eibl, B. (Eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. p. 102-129
- Cordero, J. & Boshier, D. H. 2003. Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1080 p.
- Corral-Flores, G., Rodríguez-Echavarría, ME., Solorio-Sánchez, B., Alarcón-Rojo, AD., Grado-Ahuir, JA., Rodríguez-Muela, C., Cortés-Palacios, L., Segovia-Beltrán, VE. and Solorio-Sánchez, FJ. 2012. Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. IV Congreso Internacional Sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos en la Ganadería con Ciencia [Morelia, México, 21-23 mar. 2012]. p. 113-122.
- Corral-Flores, G., Solorio-Sánchez, B., Rodríguez, C. & Ramírez, J. 2011. La calidad de la carne producida en el sistema silvopastoril intensivo y su diferenciación en el mercado. III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, para la ganadería sostenible del siglo XXI Morelia y Tepalcatepec, México.
- Fajardo, D., Johnston, R., Neira, L., Chará, J. & Murgueitio, E. 2010. Influencia de los sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. Recursos Naturales y Ambiente 58:9-16.
- Galindo, W., Naranjo, J. F., Murgueitio, M., Galindo, VA. & Tatis, R. 2010. Producción de carne bovina con sistemas silvopastoriles intensivos basados en *Guazuma ulmifolia* y otras especies en la región del Caribe seco de Colombia. In: Ibrahim, M. and Murgueitio, E. (Eds.). Actas, VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Agropecuaria Sostenible Panamá. Available: http://www.cipav.org.co/red_de_agro/Panama2010.html
- Gaviria, X., Sossa, C. P., Montoya, C., Chará, J., Lopera, J. J., Córdoba, C. P. & Barahona, R. 2012. Producción de Carne Bovina en Sistemas Silvopastoriles Intensivos en el Trópico Bajo Colombiano In: Rogerio Martins (Ed.). VII Congreso Latinoamericano de Sistemas Agroforestales para la Producción Animal Sostenible Belén, Pará, Brasil, Versión digital.
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J. & Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. Insect Conservation and Diversity 4(2):115-122.
- Harvey, C., Chacón, M., Donatti, C., Garen, E., Hannah, L., Andrade, A., Bede, L., Brown, D., Calle, A., Chará, J., Clement, C., Gray, E., Hoang, M., Minang, P., Rodríguez, A., Seeberg-Elverfeldt, C., Semroc, B., Shames, S., Smukler, S., Somarriba, E., Torquebiau, E., van Etten, J. & Wollenberg, E. 2013. Climate-smart Landscapes: Opportunities and Challenges for Integrating Adaptation and Mitigation in Tropical Agriculture. Conservation Letters 7(2):77-90.
- Ku Vera, J. C., Ruiz, G. A., Albores, M. S., Briceño, PE., Espinoza, H. J. C., Ruiz, R. N., Contreras, H. L. M., Ayala, B. A. J. & Ramírez, A. L. 2011. Alimentación de rumiantes en sistemas silvopastoriles intensivos: Avances de investigación básica. 3º Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. Morelia, Michoacán, México, p. 8-16.
- Mahecha, L., Escobar, J. P., Suárez & J. F., Restrepo, L. F. 2007. *Tithonia diversifolia* (Helmsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). Livestock Research for Rural Development 19(2):1-6. Available: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Mahecha, L., Murgueitio, M., Angulo, J., Olivera, M., Zapata, A., Cuartas, C., Naranjo & J., Murgueitio, E. 2011. Desempeño animal y características de la canal de dos grupos raciales de bovinos doble propósito pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 24(3):470.
- Maina, I., Abdulrazak, S., Muleke & C., Fujihara, T. 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. Journal of Food, Agriculture and Environment 10(2):632-635.
- Manríquez-Mendoza, L.Y., López-Ortiz, S., Pérez-Hernández P., Ortega- Jiménez, E., o López-Tecpoyotl, Z.G. & Villarruel-Fuentes, M. 2011. Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia* Lam. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14:453-463
- Mauricio, R.M., Ribeiro, R.S., Silveira, S.R., Silva, P.L., Calsavara, L., Pereira, L.G.R. & Paciullo, D.S., 2014. *Tithonia diversifolia* for ruminant nutrition. Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales. 2: 82-84.
- McNeely, JA. & Schroth, G. 2006. Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. Biodiversity Conservation 15:549-554.
- Molina, C. H., Molina, E. J., Giraldo, C., Calle, Z. & Murgueitio, E. 2011. Resiliencia de los sistemas silvopastoriles intensivos a los efectos de cambio climático en el Valle del Cauca, Colombia. 3º Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la ganadería sostenible del siglo XXI. Morelia, Michoacán, México, p. 208-214.
- Molina, J. J., Ceballos, A., Murgueitio, E., Campos, R., Rosero, R., Molina, EJ., Molina, C. H. & Suárez, J. F. 2013. Suplementación energética: clave para vacas en SSPi. Bogotá, Colombia, Revista Carta Fedegán 138:20-26.
- Molina, I. C., Lemos, G. D., Montoya, S., Angarita, E., Rivera, J. E., Villegas, G., Cantet, J. M., Correa, G., Mayorga, O., Chará, J. & Barahona, R. 2015. Emisiones de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Leucaena leucocephala*. 3er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / Compilado por Pablo L. Peri. – 1ª ed. Santa Cruz. Ediciones INTA Argentina, p. 611 – 615.

- Montagnini, F. 2011. Restoration of degraded pastures using agrosilvopastoral systems with native trees in the Neotropics. . In: Montagnini, F., Francesconi W. & Rossi, E. (Eds.). Agroforestry as a tool for landscape restoration. New York, Nova Science Publishers. Pp. 55-68
- Montagnini, F., Ibrahim, I. & Murgueitio, E. 2013. Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques* 316(2):3-16.
- Moreno, FH. & Lara, W. 2003. Variación del carbono orgánico del suelo en bosques primarios intervenidos y secundarios. In: Orrego SA., Del Valle, JI., Moreno, FH. (Eds.). Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ciencias Forestales, Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente.
- 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.
- Murgueitio, E., Chará, D., Solarte, A., Uribe, F., Zapata, C. & Rivera, J. E. 2013a. Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. Universidad de Antioquia, Colombia, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (RCCP)* 26:313-316.
- Murgueitio, E., Chará, D., Uribe, F. & Galindo, W. 2013b. Los Sistemas Silvopastoriles en regiones con heladas. Experiencias en Colombia 1° Simpósio Internacional de Arborização de Pastagens em Regiões Subtropicais. [Curitiba, Paraná, Brasil, 8-10 oct. 2013].
- Murgueitio, E., Flores, M., Calle, Z., Chará, J., Barahona, R., Molina, C., & Uribe, F. 2015. Productividad en sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina. In: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. & Eibl, B. (Eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productiva, socioeconómica y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico 402, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. P. 59-101
- Naranjo, JF., Cuartas, CA., Murgueitio, E., Chará, J. & Barahona, R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 24(8). Available:<http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>
- Nair, P. K. R. 2011. Agroforestry systems and environmental quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality* 40:784-790.
- Nair, P. K. R., Gordon, AM., & Mosquera-Losada, M. R. 2008 Agro-forestry. In: Jorgensen, S. E., Fath, BD. (Eds.). *Ecological Engineering. Encyclopedia of Ecology*, Vol. 1, p. 101–110 Oxford, Elsevier.
- Paciullo, D. S. C., Pires, M. F. A., Aroeira, L. J. M., Morenz, M. J. F., Mauricio, R. M., Gomide, C. A. & Silveira, S. R. 2014. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. *Animal* 8(8):1264-1271.
- Patiño, VM. 2002. Historia y distribución de los Frutales Nativos del Neotrópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFrucol), Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. Publicación CIAT 326. Cali, Colombia. 655 p.
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J., López, O., Martín, G., García, D., Milián, Y. & Hernández, A. 2009. *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray Pastos y Forrajes 32(1):1-15.
- Peters, M., Herrero, M., Fisher, M., Erb, K., Rao, I., Subbarao, G., Castro, A., Arango, J., Chará, J., Murgueitio, E., Van der Hoek, R., Läderach, P., Hyman, G., Tapasco, J., Strassburg, B., Paul, B., Rincón, A., Schultze-Kraft, R., Fonte, S. & Searchinger, T. 2013 Challenges and opportunities for improving eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. *Tropical Grasslands* 1: 156-167.
- Peters, M., Franco, L. H., Schmidt, A. & Hincapié, B. 2002. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica. CIAT, German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GTZ). 113 p.
- Reyes, E. 2015. Análisis de los beneficios de la adopción de sistemas silvopastoriles en la Producción de carne y leche en Colombia. (Estudios de caso). 3o Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / Compilado por Pablo L. Peri. – 1ª ed. Santa Cruz. Ediciones INTA Argentina, p 459 – 462.
- Ribeiro, R. S., Chaves, A. V., Silveira, S. R., Sacramento, J. P., Delarota, G. D., Freitas, D. S., Tomich, T. R., Pereira, L. G. R. & Mauricio, R. M. 2015. The effects of *Tithonia diversifolia* on dairy cow performance. XXIII International grassland congress, India
- Rivera, J. E., Arenas, F. A., Cuartas, C., Hurtado, E., Naranjo, J. F., Murgueitio, E., Tafur, O., Zambrano, F. & Gacharná, N. 2011. Producción y calidad de leche bovina en un sistema de pastoreo en monocultivo y un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) compuesto de *Tithonia diversifolia* bajo ramoneo directo, *Brachiaria* spp., árboles maderables en el piedemonte amazónico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 24(3):524.
- Rivera, L., Armbrrecht, I. & Calle, Z. 2013. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 181:188-194.
- Rivera Herrera, J. E. Molina Botero, I. C. Donney's Lemos, G., Villegas Sánchez & G., Barahona Rosales, R. 2015. Composición nutricional y degradabilidad de la materia seca de dietas de sistemas silvopastoriles intensivos y tradicionales en Colombia. 3o Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales / Compilado por Pablo L. Peri. – 1ª ed. Santa Cruz. Ediciones INTA Argentina, p 176 – 181.
- Uribe, F., Zuluaga, A. F., Valencia, L., Murgueitio, E., Zapata, A. & Solarte, L. 2011. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (en línea). Bogotá, Colombia, GEF, The World Bank, FEDEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC. 78 p. Available: <http://www.cipav.org.co/pdf/1.Establecimiento.y.manejo.de.SSP.pdf>
- Uribe, P., Castaño, K., Murgueitio, E., Uribe, F., Xóchitl, M., Valencia, L., Molina, E. J., Molina, C. H., Molina, J. J. & Suarez,

- J. F. 2013. Sistemas silvopastoriles intensivos para producir carne ovina. *Revista de Carne* 5:56-59.
- Vallejo, V. E., Averly, Z., Terán, W., Lorenz, N., Dick / R.P., Roldán, F. 2012. Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in intensive silvopastoral systems in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 150:139-148.
- Villa-Herrera, A., Nava-Tablada, M.E., López-Ortiz, S., Vargas-López, S., Ortega-Jiménez, E., López, F.G., 2009. Utilización del Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam) como Fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10: 253-261
- Wilkins, R. J. 2000. Forages and their Role in Animal Systems. In: Givens, D. I., Owen, E., Axford, R. F. E. and Omed, H. D. (Eds.). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition* Wallingford, UK, CAB International. p. 1-14

Received: July 5, 2015