

Sistemas silvopastoriles en el mejoramiento de los sistemas de producción bovina en ganadería de doble propósito en México

José Manuel Palma García y José Ma. Anguiano Cárdenas¹

¹Universidad de Colima.

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo evidenciar la importancia de los sistemas silvopastoriles en el mejoramiento de la ganadería bovina en sistemas de doble propósito en el trópico mexicano. En un entorno de problemas sociales (pobreza y marginalidad), biológicos (baja productividad, deforestación, erosión, degradación de pasturas y gases de efecto invernadero) y económicos (baja rentabilidad), en donde los sistemas silvopastoriles se basan en principios agroecológicos y se plantean como una alternativa de sistemas agropecuarios resilientes ante perturbaciones, con alto nivel de adaptación tanto social, ambiental y económico. Cabe mencionar que, a pesar de los múltiples beneficios planteados, el impacto a nivel de país sigue siendo marginal en relación a las necesidades, por ello, es necesario continuar con estrategias que permitan una mayor difusión, adopción y adecuación para su implementación a nivel productivo, acompañada de una política agropecuaria acorde a estas necesidades, logrando una sinergia entre todos los actores involucrados, tanto a nivel personal como institucional, del sector privado y público, académico y de extensión para que el impacto que se logre pueda contrarrestar los grandes retos actuales.

Palabras clave: Leucaena, biomasa, trópico, ganado, leñosas.

Introducción

El trópico Latinoamericano tiene un desarrollo limitado de la ganadería debido a su disminuida productividad, baja disponibilidad de alimento y a la pobre calidad de los forrajes utilizados; aunque su contribución sea limitada, es necesario valorar su aporte a la soberanía alimentaria de estos productores (Herrero *et al.*, 2013).

Aunque existen grandes retos globales como: erosión, deforestación, pasturas degradadas, monocultivo de pastos, agotamiento de la fertilidad del suelo, contaminación de recursos naturales (suelo y agua), riesgos de intoxicación por uso de agrotóxicos, pérdida de biodiversidad, mayor emisión de gases con efecto invernadero (Pingali y Raney, 2005; Guevara *et al.*, 2011), asociados a pobreza y marginalidad en México (DOF, 2013; Esquivel, 2015), es necesario el reconocimiento de que las soluciones deben ser locales, por ello, el replanteamiento del modelo actual de producción bovina tropical.

Una herramienta para ello es el empleo de la agroforestería, en particular la incorporación de los sistemas silvopastoriles en donde el uso de alta densidad de leñosas ha favorecido el entorno productivo en un sentido amplio (Murgueitio *et al.*, 2014; Palma y Anguiano, 2014).

Desde hace algunas décadas se tienen resultados en Latinoamérica, en relación a la identificación de la vegetación arbórea, del papel que desempeñan los árboles en los sistemas ganaderos, del impacto en la producción animal, del mejoramiento del bienestar animal, inclusive hasta del papel estratégico en disminuir los gases de efecto invernadero, además de contribuir contra la erosión, las pasturas degradadas y la deforestación (Ibrahim *et al.*, 2007), entre otros.

En el mundo y en particular en México la producción bovina económicamente registra una oportunidad coyunturalmente importante, dado el estímulo actual que representa la demanda de becerros en pie tanto nacional como internacional, elemento que impulse la transformación que ocupa este sector, en el desarrollo de sistemas de mayor eficiencia biológica, económica y social, ante evidentes escenarios de polaridad.

Motivo por el cual, el presente trabajo tiene por objetivo evidenciar resultados obtenidos en la incorporación de los sistemas silvopastoriles considerando aspectos productivos, ambientales y sociales como estrategia de mejoramiento de los sistemas bovinos en ganadería de doble propósito en el área tropical.

Diseño de sistemas silvopastoriles basados en agroecología

Recientemente, Nahed *et al.* (2014) plantearon el uso de sistemas silvopastoriles con un enfoque de adaptación como atributo esencial en sistemas ganaderos resilientes ante perturbaciones, dado que se busca con este tipo de sistemas: i) integración de los recursos locales, ii) incorporación del conocimiento ancestral asociado al actual, iii) disminución de las externalidades negativas, y iv) búsqueda de la armonía a través de las relaciones humanas con la naturaleza.

En este contexto, Reinjtes *et al.* (1992) consideraron desde el punto de vista agroecológico, deben tomarse en cuenta los siguientes principios:

- i. Aumento del reciclado de biomasa, optimización de la disponibilidad y flujo balanceado de nutrimentos.
- ii. Aseguramiento de las condiciones favorables del suelo para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumento de la actividad biótica del suelo.
- iii. Aumento de la eficiencia del sistema debido a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento de la cobertura.
- iv. Diversificación específica y genética de los agroecosistemas en tiempo y espacio.
- v. Incremento de las interacciones biológicas y sinergia entre los componentes de la biodiversidad en la promoción de procesos y servicios ecológicos claves del sistema.

Los principios antes enunciados fueron adecuados a la producción animal por Dumont *et al.* (2013), quienes indicaron que la profilaxis y prevención de enfermedades, la producción estable, la optimización de mecanismos biológicos, biotécnicos y de gestión, así como la inducción y preservación de la biodiversidad, favorecen la resiliencia en la práctica ganadera.

Lo elementos antes descritos son incorporados en la implementación de los sistemas silvopastoriles, en donde se logra la integración de los componentes y de la simbiosis entre los ciclos vitales, desde un punto de vista diacrónico y sincrónico.

Biodiversidad arbórea, herramienta potencial para el desarrollo de la ganadería tropical

En una revisión reciente (Palma, 2011) sobre el uso de los árboles y los sistemas silvopastoriles en México, se muestra la gran diversidad de sistemas silvopastoriles generados en nuestras condiciones, dada la riqueza arbórea existente en el país en las diferentes regiones agroecológicas y, en particular, en el área tropical.

Sin embargo, esta riqueza mayoritaria es poco valorada en nuestras condiciones productivas, pues a pesar de los múltiples usos que desempeñan los árboles en dichos sistemas, es recurrente encontrar dos paradigmas entre los productores; el primero se asocia con ¿para qué sembrar árboles?, dado que en mi rancho existen y el enfoque es eliminarlos, para que los animales tengan un área mayor de producción de pasto. Y el segundo se relaciona con ¿cuáles árboles conozco?, dado que puede referir la existencia y conocimiento de un número importante de especies de la localidad, pero el uso y manejo es limitado.

Lo que conlleva a la necesidad del desarrollo de ecotecnias con nuevos enfoques, tanto de diseños espaciales y temporales en los ranchos ganaderos con las especies arbóreas nativas. En diferentes ensayos en México, se demuestra esta riqueza arbórea en el área tropical (Palma, 2005; Pinto *et al.*, 2004; Román y Palma, 2007), en donde se evidencia la enorme disponibilidad de recursos con uso potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles (Palma, 2005; Ramírez-Avilés y Delgado-Gómez, 2011).

Sistemas silvopastoriles de alta densidad de *Leucaena leucocephala* en ganadería bovina de doble propósito en el trópico seco de México

La ganadería de doble propósito en el trópico mexicano y en general en Latinoamérica se caracteriza por sus bajos indicadores productivos, alta dependencia de insumos externos a la finca, manejada en forma extensiva, además de su asociación recientemente con la generación de gases de efecto invernadero.

En México este tipo de actividad se realiza en las áreas tropicales, tanto en ambiente seco o húmedo, en donde la producción de leche se asocia con el manejo del becerro; predomina la ordeña manual; son sistemas dependientes de insumos, con pobres indicadores productivos, que deben ser revertidos dado la base social existente (Flores y Solorio, 2010; Díaz-Rivera *et al.*, 2011).

Asimismo, esta ganadería se desarrolla con un doble enfoque; por un lado, la producción de leche asociada a la presencia del becerro en el momento de la ordeña y la producción de carne generada con el becerro. El volumen de ambos productos es variable y está en dependencia de múltiples factores, tanto de tipo biológico, como social y económico.

En particular, un fenómeno biológico que contribuye de manera sustancial a esta variabilidad productiva se debe a la estacionalidad climática, en donde el principal reto es hacer frente al déficit de forraje en la época de sequía.

Al respecto, el uso de forrajes conservados, de residuos agrícolas y agroindustriales, así como el uso de leñosas perennes son alternativas que permiten mejorar la ganadería de doble propósito en nuestras condiciones.

En este contexto, *Leucaena leucocephala* es la especie arbórea más estudiada y difundida en la ganadería tropical para la generación de sistemas silvopastoriles, originaria de México, con la cual se han desarrollado diferentes sistemas; desde banco de proteína –en donde se concentra la especie en una superficie compacta– hasta sistemas silvopastoriles en donde se combina con pastos mejorados, ambos sistemas con favorables impactos en la producción.

Por otra parte, la disponibilidad de extensas áreas de frutales en la zona costera del estado de Colima, México, permite concebir el desarrollo de sistemas silvopastoriles, para lo cual la producción de cocotero (*Cocos nucifera*), por ejemplo, se puede complementar con la ganadería a través de la combinación con la producción de pastos, la incorporación de leguminosas herbáceas y arbóreas (p. ejemplo el guaje, *Leucaena leucocephala*), en sistemas de alta densidad de dicha arbórea, generando con ello sistemas mixtos de tipo multiestrato.

Funcionamiento y productividad del sistema de alta densidad de siembra de *L. leucocephala* asociado con *C. nucifera* en función de la disponibilidad de tierra (Cálculos/ha)

El sistema silvopastoril desarrollado se compone de una plantación de cocotero (en un marco de plantación de 8x8 m) dando una densidad de 54 palmeras/ha, con una edad de 60 años. El forraje utilizado fue el *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115 y la leguminosa arbórea *L. leucocephala* en tres densidades de plantación (40, 60, 80 mil plantas/ha) equivalente a una distancia entre surcos a 1.6, 2.40 y 3.20 m, respectivamente, y entre plantas de 15 a 20 semillas /m lineal. La semilla se inoculó con una mezcla de *rhizobium* y *micorrizas*, y en el momento de la siembra se fertilizó con 700 kg/ha de tierra de diatomeas como fertilizante natural, con un control de cocotero y *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115 (Anguiano et al., 2012).

Biomasa: la alta producción de biomasa generada en el sistema permitió que se tuviera una carga global de cinco vacas/ha.

Leche: la producción individual fue en promedio de siete litros/vaca/día, con periodos de 300 días de lactancia, lo que permitió la generación de 10 500 l/ha/año.

Becerras al destete: el hato tuvo un porcentaje de fertilidad de 79 %, lo que permitió lograr cuatro becerros al destete con un peso promedio de 200 kg a una edad de ocho meses.

Frutos: además de la leche y la carne generada en el sistema, se considera la producción de frutos de palma (*Cocos nucifera*) con un promedio de 3 312 frutos/ha/año.

Otros elementos productivos a considerar: el sistema de manera adicional permite la generación de 4 t de material vegetativo de *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115 y 5 kg de semilla de *Leucaena leucocephala* var. Cunningham, válidos para el establecimiento de una nueva hectárea del sistema propuesto. Asimismo, la producción perimetral de árboles 132 individuos/ha de la especie *Caesalpinia platyloba* dado su valor como poste o varetas para el mercado de hortalizas.

Por otra parte, es necesario señalar que este sistema permite un favorable reciclaje de nutrientes, un incremento en el contenido de materia orgánica del suelo, un impacto favorable sobre la macrofauna edáfica y un alto potencial de fijación de carbono en el sistema. Todo ello, mediante nuevos esquemas de diseño espacial de la leucaena y su asociación con forraje de alta productividad como lo es el *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT-115.

Producción de leche

Un aspecto consistente en los SBDP es el impacto positivo en la producción de leche, puesto que existe un incremento de 1 kg/vaca/día cuando se incorpora alta densidad de siembra de *L. leucocephala* (Palma y Anguiano, 2014), efecto semejante al observado con diferentes estrategias, pero manejando banco de proteína con oferta diaria por dos horas (Palma et al., 2000).

Carga animal

Respecto a la carga animal, existe evidencia en diferentes condiciones que el número de animales por hectárea se incrementa, comparado con los sistemas tradicionales al pasar de 1 UA/ha a 2 o 4 UA/ha en esquemas de uso de pasturas nativas a sistemas silvopastoriles con alta densidad de siembra (Solorio et al., 2009). Asimismo, Palma y Anguiano (2014) indicaron una carga de 3.8 vacas/ha cuando se utilizó un sistema de cocotero asociado a *Pennisetum purpureum* var. Cuba CT 115 a 4.8 UA/ha cuando se incorporó *L. leucocephala* en densidades de 60 u 80 mil planta/ha. Esta tendencia a incrementar carga con una aumento en leche favorece la eficiencia del sistema.

Condición corporal

Existió un efecto favorable en condición corporal (Figura 1a) y peso vivo (Figura 1b) en vacas en producción cuando se comparó la adición *L. leucocephala* con un sistema tradicional en ganadería de doble propósito (Palma et al., 2000). Efecto que influye sobre el desempeño re-

productivo de las vacas en sistemas de doble propósito logrando un 79 % de fertilidad, semejante a lo logrado con suplementos activadores ruminales en el trópico seco (Esperón, 2000).

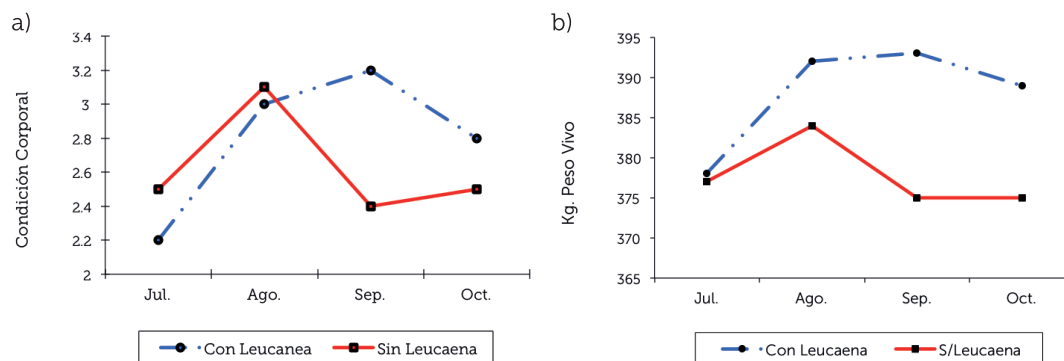


Figura 1. Comparación del uso *Leucaena leucocephala* contra un manejo tradicional en cuanto a condición corporal (a) y peso vivo (b) en vacas en producción en ganadería doble propósito.

Fuente: Palma et al., 2000.

Eficiencia reproductiva

Los resultados sobre aspectos reproductivos en bovinos con el uso de sistemas silvopastoriles son escasos, por lo que, es necesario trabajar en este aspecto de forma sistemática.

Sin embargo, dado que los SSP crean un microambiente (Navas, 2010), se favorece el bienestar de los animales basado en la disponibilidad de forraje de calidad y en la disminución de los efectos ambientales adversos por la sombra debido a cobertura arbórea (Betancourt et al., 2003); se asumen efectos positivos del sistema sobre la reproducción, entre ellos: reducción de la edad a la pubertad, regularidad en el ciclo estral, mejora de la libido en los sementales y calidad de semen, aumento en la tasa de concepción y reducción de pérdidas embrionarias (Pérez-Hernández y Díaz-Rivera, 2008).

Impacto económico

Un efecto económico inmediato por incluir árboles en el sistema DP es la disminución en la compra de concentrados, práctica común entre los productores, por lo tanto, la incorporación de bancos de proteína o sistemas silvopastoriles conlleva a la generación de alimento en el rancho, acorde con los principios de la agroecología; ello favorece la adaptación a las perturbaciones como fue recientemente discutido por Nahed et al. (2014). En donde existe un ahorro por reducción en la cantidad de concentrado comprado, que va desde un 20 hasta

un 98 % (Palma *et al.*, 2000), efecto semejante a lo descrito por Bacab y Solorio (2011). Asimismo, González (2013) señaló que desde un punto de vista econométrico, la incorporación de sistemas silvopastoriles viabiliza económicamente el SBDP, debido al incremento de la productividad con el consecuente aumento en rentabilidad, haciendo lucrativa la actividad, dado que los sistemas tradicionales están comprometidos en su viabilidad económica.

Impacto ambiental

Diversos impactos ambientales se pueden obtener por el empleo de estos sistemas, en donde implica mejor aprovechamiento del uso del agua, reciclaje de nutrientes, incremento de la mesofauna edáfica, incremento en la fijación de carbono e inducción de la biodiversidad asociada a flora nectarífera/polinífera, así como a la presencia de la avifauna dado que los árboles juegan un papel sustancial en el hábitat de las aves (descanso, percha, alimento, refugio, nidos, entre otros).

El agua y los nutrientes son los principales factores que limitan el crecimiento de la planta en las regiones tropicales, pues en muchas áreas existe bajo contenido de materia orgánica del suelo. Asimismo, cuando ocurre la sequía afecta el crecimiento del árbol debido a que algunas especies consumen más agua por su rápido metabolismo vegetal. En este contexto, las especies vegetales tropicales se caracterizan por tener una alta tasa fotosintética neta, una alta transpiración, bajo uso eficiente del agua y un alto porcentaje de contenido de humedad en las hojas (Inagaki *et al.*, 2008).

Balance hídrico en SSP

Los sistemas silvopastoriles mejoran el balance hídrico, ya que el dosel de los árboles utilizados favorecen la disminución de la temperatura del estrato herbáceo. Esto disminuye la tasa de transpiración y una menor evaporación, con lo que se retrasa o evita el estrés hídrico del periodo seco. El impacto de los árboles y arbustos sobre la dinámica del agua se relaciona de la siguiente forma: i) actúan como barreras que reducen la escorrentía; ii) reducen el impacto de las gotas, y iii) mejoran el suelo al incrementar la infiltración y la retención de agua (Ríos *et al.*, 2007). Por lo tanto, es importante considerar diferentes estratos, en donde la arquitectura de la leñosa es importante. Asimismo, en casos en donde se dispone de riego, se incrementa el uso eficiente del agua por favorecer la mayor producción de biomasa en estos sistemas (Anguiano *et al.*, 2012), como se observa en la Figura 2.

Esta producción de alimento para la ganadería de 6.8 kg de MS/m³ de agua supera a lo señalado para otros sistemas tropicales en donde se logró 5.0 kg de MS/m³ (Peden *et al.*, 2007), elemento que permite considerar este aspecto como una contribución hacia la sustentabilidad.

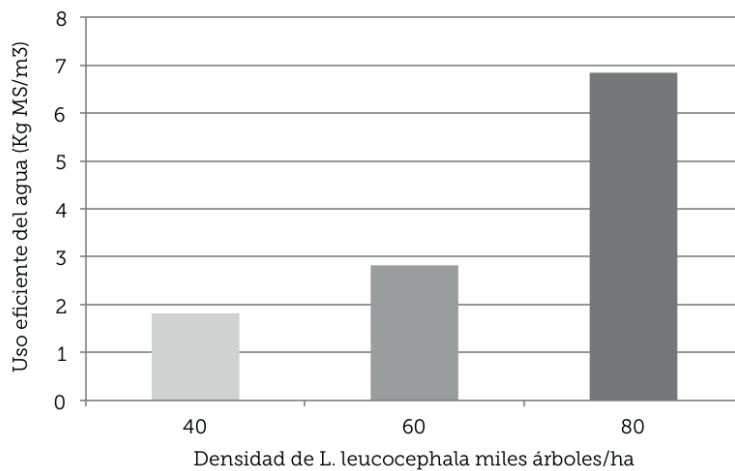


Figura 2. Uso eficiente del agua en sistema silvopastoril de alta densidad de siembra de *Leucaena leucocephala*.

Fuente: Anguiano et al., 2012.

Nitrógeno

El uso de árboles leguminosos reduce la necesidad de fertilización nitrogenada, con lo que se evita la contaminación que ocasiona la aplicación de nitrógeno a las pasturas (Steinfeld et al., 2006).

La incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas ganaderos tradicionales permite incrementar la fertilidad del suelo, mejora su estructura y disminuye los procesos de erosión, estos resultados han sido explicados por el mayor reciclaje de nutrientes que ocurre, la fijación de N^+ , la profundidad de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y micro fauna y esto puede ser consecuencia de los mayores contenidos de materia orgánica (producto de podas, excretas y hojarasca) en el perfil del suelo, lo que a su vez aumenta el poder tampón de la solución del suelo y modifica las condiciones de reacción del suelo (pH) y la conductividad eléctrica.

Los resultados obtenidos en la fijación biológica de N^+ con alta densidad de plantas de leucaena/ha hasta 80 mil, indican la habilidad de *Leucaena leucocephala* para fijar altas tasas de N^+ (Anguiano, 2012), semejante a lo descrito por Camacaro et al. (2004), quienes reportaron valores de 200 hasta 550 kg/ha.

Por lo tanto, la importancia del empleo de las leguminosas leñosas se agrupa en tres aspectos: mejora la calidad de la dieta, hace disponible proteína en forma económica y logra transferencia del N⁺ al sistema; esto es señalado por Crespo (2008), quien estudió el reciclaje de los nutrientes minerales como parte de la sostenibilidad de los sistemas, con una mayor cantidad promedio de heces de los animales en los sistemas silvopastoriles comparado con los pastizales sin árboles.

Carbono

Es conocido que el C⁺ en los sistemas forestales y agroforestales se acumula en cuatro componentes: biomasa arriba del suelo, hojarasca, sistemas radiculares y carbono orgánico del suelo; sin embargo, el almacén de carbono con mayor permanencia se da en la biomasa leñosa (Snowdon *et al.*, 2001).

En sistemas multiestratos en donde se han combinado cocotero (*Cocos nucifera*), *Leucaena leucocephala* var. Cunningham sembrada en alta densidad y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 en el secuestro de carbono con 101.19d, 109.73c, 122.00b y 128.62a t C+/ha/año para los sistemas con 0, 40, 60 y 80 mil plantas de leucaena por hectárea, respectivamente. El mayor secuestro de carbono lo realizó el cocotero asociado a la mayor densidad de siembra de la leguminosa arbórea con el 98 % del C⁺ fijado.

Es conocido que los pastos en monocultivo tienen una baja fijación de C⁺ como en el caso de *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 con 3.0 a 3.2 t C+/ha/año (Anguiano *et al.*, 2013), aunque Ibrahim *et al.* (2007a) indicaron 6.1 t C+/ha/año para *Pennisetum* usado como banco forrajero. Así, Arias-Giraldo *et al.* (2009) indicaron valores de 3.2 t C+/ha/año en pasturas sin árboles, y en pasto natural 1.63 t C+/ha/año (Miranda *et al.*, 2007). Por lo tanto, existe un incremento de carbono tanto en el suelo como en la vegetación leñosa cuando se utiliza el sistema silvopastoril (Murgueitio *et al.*, 2014).

Razón por la cual, la importancia de estos sistemas no sólo se asocia a la producción de alimentos, sino también a favorables impactos ambientales como lo es el secuestro de carbono, que a través de nuevas combinaciones y arreglos espaciales tendrá un papel relevante en la mitigación de los gases de efecto invernadero (Anguiano *et al.*, 2013).

Biodiversidad de macroinvertebrados del suelo

El deterioro de los suelos tropicales dedicados a la ganadería es una limitante de estos sistemas e implica un reto, puesto que el predominio de pasturas degradadas conlleva a prácti-

cas que afectan la fertilidad del suelo, adicionado al uso indiscriminado de insecticidas que hacen inviable el sustento de la producción, puesto que esa visión considera al suelo como un elemento inerte y no como la interacción de propiedades físicas, químicas y biológicas.

En sistemas silvopastoriles con la incorporación de una alta densidad de leñosas de 40 a 80 mil plantas/ha de *L. leucocephala*, se lograron cambios importantes en la población de insectos, pues éstos duplicaron o triplicaron su población (Figura 3a) y, a la vez, se modificó el tipo de familia de insectos presentes; entre ellos destacan las lombrices que se asocian con un efecto favorable de la fertilidad del suelo. A su vez, la alta densidad de leñosas (Figura 3b), posibilitó duplicar la presencia del género oligochaetas, puesto que las lombrices son de los macrozoos del suelo más importantes tanto para la fertilidad como para su aeración (Anguiano, 2012).

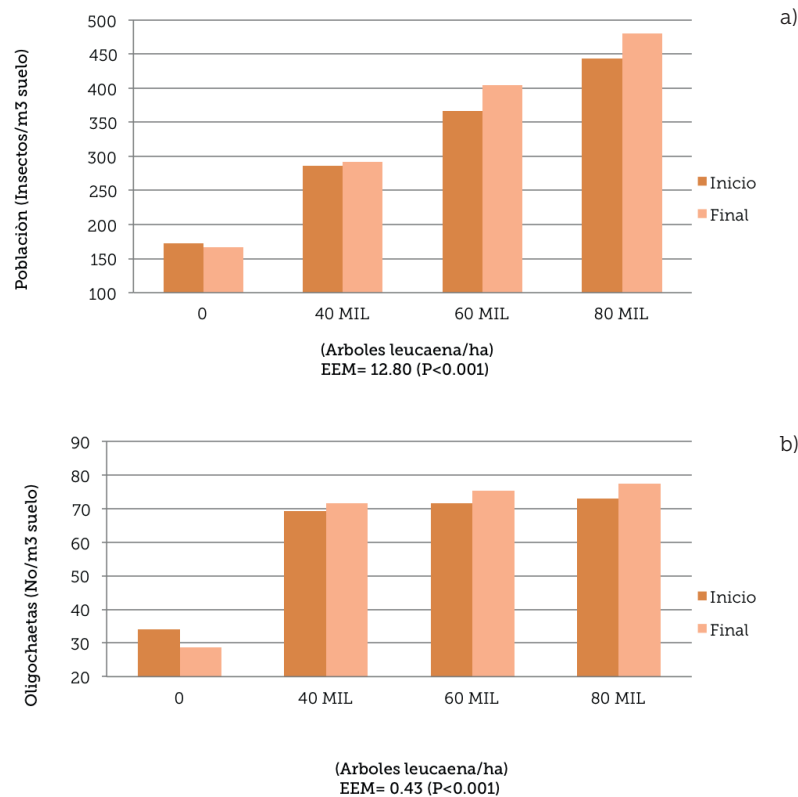


Figura 3. Población de insectos (a) y de lombriz de tierra (b) en sistema silvopastoril de alta densidad de siembra de *Leucaena leucocephala*.

Fuente: Anguiano, 2012.

Lo antes descrito muestra que el microambiente implementado con los sistemas silvopastoriles modifica favorablemente el entorno, dado que condiciones de humedad, temperatura, disponibilidad de nutrientes propician un entorno favorable para la vida en su más amplio sentido.

Transferencia de tecnología en sistemas silvopastoriles

Existen en México diferentes experiencias sobre la implementación de sistemas silvopastoriles en ganadería bovina de doble propósito, en general con resultados favorables, asociados en la mejora de indicadores productivos, ambientales y de rentabilidad.

En este sentido, se puede señalar como trabajo pionero en México, lo realizado por el FIRA de 1975 a 1980 con *L. leucocephala*, tanto en rancho demostrativo con productores cooperantes (Álvarez y Ávalos, 1984), como en la propuesta de bancos de proteína en el estado de Colima con productores de la región (Palma *et al.*, 2000) y, recientemente, el trabajo encabezado por la Fundación Produce Michoacán, quien impulsó este tipo de propuesta con productores de ese estado y posteriormente se escaló en 15 estados (Flores y Solorio, 2012). También existe el trabajo sistemático de colegas de ECOSUR, con quienes además se ha logrado certificación orgánica de carne y leche con productores de Chiapas (Nahed *et al.*, 2009).

El camino está trazado, sin embargo es necesario mantener e intensificar este tipo de propuestas con los productores, los cuales, en su mayoría, tienen un manejo tradicional.

A la vez, es necesario un enfoque de largo plazo, en donde todos los actores participen activamente, ello implica desde una capacitación permanente; gestión idónea a nivel de rancho, localidad e instituciones relacionadas con el sector; el ajuste de los sistemas basados en las condiciones de contexto en donde se estén implementando, y la asociación del producto al mercado, como elementos que modifiquen el entorno actual. Indudablemente es necesario establecer una política de largo alcance, en donde este tipo de tecnologías sean sistemáticamente consideradas, para que se logren los beneficios del sistema.

A manera de reflexión

Son múltiples los beneficios de los sistemas silvopastoriles en la ganadería bovina de doble propósito, sin embargo, este proceso a nivel del productor apenas muestra resultados incipientes, que deben ser potencializados mediante una sistematización y una política de estado más eficiente.

Asimismo, los precios actuales de la carne bovina deben permitir canalizar adecuadamente esta coyuntura para favorecer la inversión en los ranchos, planteando un enfoque agroecológico.

Por ello, es necesario pasar de la moda tecnológica a la acción contextual en el país, en donde la agroforestería pecuaria o sistemas silvopastoriles adquieran relevancia en un entorno de pobreza, marginación e inseguridad rural.

Referencias

- Anguiano, J. M. 2012. *Alta densidad de siembra de Leucaena leucocephala en la intensificación del sistema silvopastoril cocotero-leguminosa-pasto*. Posgrado en Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Nayarit.
- Anguiano, J. M., J. Aguirre, J. M. Palma. 2012. "Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*)". *Revista cubana ciencia agrícola* 46(1): 103-107.
- Anguiano, J. M., J. Aguirre, J. M. Palma. 2013. "Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115". *Avances en investigación* 17(1): 149-160.
- Arias-Giraldo, L. M. et al. 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". *Revista recursos naturales y ambiente* 58(32): 39.
- Bacab, H. M. y F. J. Solorio. 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.
- Betancourt, K. et al. 2003. "Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua". *Agroforestería Américas* 39(19):47-51.
- Camacaro, S., J. C. Garrido y W. Machado. 2004. "Fijación de nitrógeno por *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebbek* y su transferencia a las gramíneas asociadas". *Zootecnia tropical* 22(1): 49-69.
- Crespo, G. 2008. "Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales". *Rev. cubana ciencias agrícolas* 42(4): 329-335.
- Díaz-Rivera, P. et al. 2011. "Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México". *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:191-199.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2013. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013- 2018*. Cuarta Sección. pp. 50-112.
- Dumont, B. et al. 2013. "Prospects from Agroecology and Industrial Ecology for Animal Production in the 21st Century". *Animal* 7(6): 1028-43.
- Esperón, E. 2000. *Efecto de la transferencia de tecnología y su impacto productivo en la reproducción en el sistema de producción bovina de doble propósito en el oriente de Colima*. Tesis Doctorado. PICP-FMVZ U. de Colima.
- Esquivel, G. 2015. *Desigualdad extrema en México. Concentración del poder económico y político*. OXFAM. México. 41 p.
- Flores, M. X. y B. Solorio. 2010. Panamá. <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/seminarios%20y%20congresos/Panama2010/Martha.Flores.pdf> (Consultado 15 junio 2015)

- González, J. M. 2013. "Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México)". *Revista avances en investigación agropecuaria* 17(3): 35-50.
- Guevara-Hernández, F. et al. 2011. Local Perceptions of Degradation in Rangelands from a Livestock Farming Community in Chiapas, Mexico". *Cuban Journal of Agricultural Science* 45 (3): 311-319.
- Herrero, M. et al. 2013. "Biomass Use, Production, Feed Efficiencies, and Greenhouse Gas Emissions from Global Livestock Systems". *PNAS* 110(52): 20888-20893.
- Inagaki, M. et al. 2008. "Soil Water Conditions According to Landscape Position and Aboveground Vegetation in an *Acacia mangium* Plantation in Sabah, Malaysia". *JARQ* 42(1): 69-76.
- Ibrahim, M. et al. 2007a. "Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua". *Agroforestería en las Américas* 45:27-36.
- Ibrahim, M., C. Villanueva y F. Casasola. 2007b. "Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América". *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15(Supl. 1): 73-87.
- Miranda, T. et al. 2007. "Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso". *Pastos y forrajes* 30(4): 483-491.
- Murqueitio, E. et al. 2014. "Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático". *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17:501-507.
- Nahed, J. et al. 2009. "Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica". *Avances en investigación agropecuaria* 13(1): 45-58.
- Nahed, J., J. M. Palma y E. González. 2014. "La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones". *Avances en investigación agropecuaria* 18(3): 7-34.
- Navas, A. 2010. "Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical". *Revista de medicina veterinaria* 19:113-122.
- Palma, J. M., T. E. Ruiz y H. Jordán. 2000. *Bancos de proteína con Leucaena leucocephala. Una experiencia de transferencia de tecnología en sistemas silvopastoriles en México*. Editorial Agrosystems Editing. ISBN 968-7541-05-9. Colima, México. 58 p.
- Palma, J. M. 2005. "Los árboles en la ganadería del trópico seco". *Avances en investigación agropecuaria* 9 (1):1-11.
- Palma, J. M. 2011. *Sistemi agro-silvo-pastorili in america septentrionali. En Sistemi Agro-Silvo-Pastorali nel Mondo*. Editor Andrea Pardini, Editorial ARACNI. Roma, Italia. pp. 227-232.
- Palma, J. M. y J.M. Anguiano. 2014. "Alta densidad de siembra de leñosas como estrategia de intensificación de sistemas silvopastoriles en la ganadería tropical". En: Logros y desafíos de la ganadería doble propósito", dentro de la Sección 3 Alimentación y Recursos Forrajeros, Capítulo XXXII. pp. 311-321. Editado por C. González-Stagnaro, N Madrid-Bury y E. Soto Beloso. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Peden, D., G. Tadesse y A. K. Misra. 2007. "Water and Livestock for Human Development". En: , (ed.) *Water for Food, Water for Life: a comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Ch. 13. Earthscan; Colombo: IWMI. Londres.
- Pérez-Hernández, P. y P. Díaz-Rivera. 2008. "Ganadería bovina de doble propósito: problemática y perspectivas hacia un desarrollo sustentable. Capítulo V". En: González-Stagnaro, C., N. Madrid y E. Soto (eds.). *Desarrollo sostenible de ganadería doble propósito*. pp. 58-69.

- Pingali, P. y T. Raney. 2005. "From the Green Revolution to the Gene Revolution: How Will the Poor Fare?". ESA Working paper No. 05-09. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 17 p.
- Pinto, R. *et al.* 2004. "Especies forrajeras utilizadas bajo silvopastoreo en el centro de Chiapas". *Avances en investigación agropecuaria* 8(2): 53-67.
- Ramírez-Avilés, L. y H. Delgado-Gómez. 2011. "Manejo y potencialidad de los sistemas silvopastoriles en la ganadería de doble propósito". En: González-Stagnaro, C., N. Madrid y E. Soto (eds.). "Innovación y tecnología en la ganadería de doble propósito" dentro de la Sección 3 Recursos Forestales, Capítulo XXVIII. pp. 267-276. Ediciones Astro Data, S. A. Maracaibo, Venezuela.
- Reinjtes, C., B. Haverkort y A. Waters-Bayer. 1992. *Farming for the Future*. MacMillan, London. 250 p.
- Ríos, N. *et al.* 2007. "Estimation of Superficial Runoff and Infiltration in Systems of Conventional Cattle Raising and in Silvopastoral Systems in the Subhumid Tropics of Nicaragua and Costa Rica". *Agroforestería en las Américas* 45:66-71.
- Román, L., y J. M. Palma. 2007. "Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México". *AIA* 11(3): 3-24.
- Solorio, F. J. *et al.* 2009. "Potencial de los sistemas silvopastoriles en México". En: *II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles*. Celebrado del 3 al 5 de noviembre de 2009. Publicado por la Fundación Produce Michoacán, A. C. en Morelia Michoacán, México. pp. 21-30.
- Steinfeld, H. *et al.* 2006. *Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. Initiative for Livestock, Environment, and Development*. United Nations Food and Agriculture Organization. Roma, Italia.
- Snowdon, P. *et al.* 2001. "Protocol for Sampling Tree and Stand Biomass". National Carbon Accounting System, Technical Report N° 31. 114 p.

