

**Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**

**División Ciencia Animal**

**Departamento Recursos Naturales Renovables**



**Características Generales y Uso de *Leucaena leucocephala* en la Ganadería**

**Por:**

**Ada Luz Ovando Alvarez**

**MONOGRAFÍA**

Presentada como Requisito parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Abril del 2016

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

Departamento Recursos Naturales Renovables

Características Generales y Uso de *Leucaena leucocephala* en la Ganadería

MONOGRAFÍA

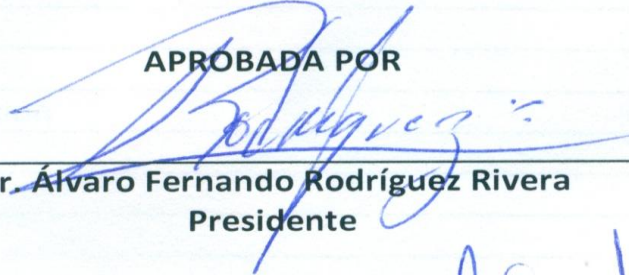
Presentada por:

Ada Luz Ovando Alvarez

Que somete a Consideración de H. Jurado Examinador como  
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

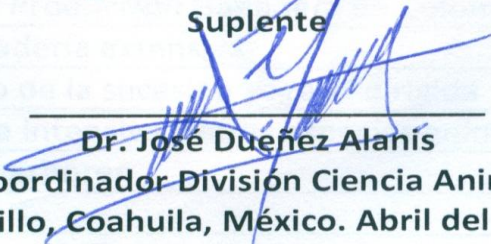
  
Dr. Álvaro Fernando Rodríguez Rivera  
Presidente

  
MC. Leopoldo Arce González

Sinodal

  
MC. Alejandro Cárdenas Blanco

  
Ing. Roberto Canales Ruiz  
Suplente

  
Dr. José Dueñez Alanís  
Coordinador División Ciencia Animal  
Saltillo, Coahuila, México. Abril del 2016



## Índice de Contenido

Concepto	Página
Firmas	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>RESUMEN</b>	
<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	4
Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación	4
Restauración Ecológica	6
Sistemas agro silvopastoriles	7
Domesticación de árboles	8
Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad	9
Algunos principios agroecológicos aplicables a los Sistemas Silvopastoriles	9
Adaptación al cambio climático de la ganadería con sistemas silvopastoriles	10
El reto de multiplicar los SSP a escalas mayores	11
Ubicación taxonómica	12
Características botánicas	13
Origen, distribución y adaptación	13
Líneas promisorias	14
Características de la semilla	14
Establecimiento	14
Rendimientos	15
Valor nutritivo	15
Toxicidad	16
Producción de carne	17
Producción de leche	21
Silvopastoreo: Alternativa económica por el aporte de biomasa de <i>Leucaena</i> en la producción lechera	21
Sistemas Agroforestales para la Producción Ganadera en Colombia	22
Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva	22
Sistemas silvopastoriles con uso de la sucesión vegetal dirigida	23
Nuevos sistemas para ganadería intensiva y otras especies animales	24
Silvopastoriles de alta densidad arbórea	24
Valor biológico	26

Estudio comparativo de <i>Moringa oleifera</i> y <i>Leucaena leucocephala</i> durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento	26
Las leguminosas forrajeras árbol en Agricultura Tropical	27
Las leguminosas arbóreas como forraje para los animales	27
La función de hojas en sistemas de pastoreo naturales	28
Leguminosas arbóreas como forraje plantado en los sistemas de cultivo y de pastoreo	29
Las leguminosas arbóreas y el Medio Ambiente	
La degradación de los sistemas naturales	30
La rehabilitación de suelos y control de erosión	30
Las leguminosas arbóreas para el Combustible	31
<i>Leucaena leucocephala</i> - el más utilizado forraje árbol Leguminosas Usos	32
Clima y Suelo Adaptación	
Temperatura	33
Requisitos de precipitaciones y tolerancia a la sequía	34
Productividad	34
El manejo del pastoreo	35
La producción animal	36
Toxicidad	36
Plagas y enfermedades	37
Los sistemas silvopastoriles intensivos con <i>Leucaena leucocephala</i> : una opción para la ganadería tropical	38
Problemática de la ganadería en el trópico	38
Los sistemas silvopastoriles como opción para la ganadería tropical	39
Los sistemas silvopastoriles intensivos con <i>Leucaena leucocephala</i>	40
Nitrógeno, Fósforo y Potencial de Hidrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles de <i>Leucaena leucocephala</i>	41
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	43
<b>LITERATURA CITADA</b>	46

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a **Dios** por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y lo necesario para seguir adelante día a día. Además de demostrarme su bondad y amor.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. **“Alma Terra Mater”**

**Por siempre en mi corazón.**

De igual manera agradecer a mi profesor de investigación Dr. Álvaro Rodríguez Rivera por su enseñanza y apoyo además de guiar para la culminación de este trabajo.

Son muchas personas que han formado parte de mi vida profesional a la cual me encantaría agradecerles, su amistad, consejo, apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles de mi vida. Algunas están aquí presente conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón sin importar donde estén quiero expresar las gracias por formar parte de mi por todo lo que me han brindado y por toda sus bendiciones. ”

**Yessica, Ana, Maye, Luz”**

## DEDICATORIA

### **A Dios.**

A mi madre **Juana Álvarez Cruz** por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien pero sobre todo por su amor.

A mi padre **Sixto Ovando Pablo** por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracteriza y que me ha infundido siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos en especial **Chepina y Temo** de los cuales aprendí de ellos aciertos, y de momentos difíciles a no desistir y por su constancia motivación y confianza.

A mi sobrino: Isaac Ovando por cambiar mi vida.

## Resumen

La intensificación ganadera con generación de servicios ambientales debe emplear principios agroecológicos. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) constituyen un buen ejemplo de intensificación natural que tiene un lugar especial en el mundo contemporáneo para satisfacer la demanda creciente de alimentos de la sociedad. El artículo discute varios principios agroecológicos que deben estar presentes en la ganadería silvopastoril como la intencionalidad, intensividad integralidad e interactividad; también evidencia información reciente sobre la adaptación al cambio climático de la ganadería así como los servicios ambientales que pueden ofertar los productores ganaderos (captura de carbono, biodiversidad) y la forma en que varios proyectos permiten combinar incentivos para la urgente transformación de la ganadería convencional en modelos silvopastoriles sustentables que favorecen la adaptación al cambio climático

Correo electronico; Ada Luz Ovando Alvarez, [adis\\_10@live.com.mx](mailto:adis_10@live.com.mx)

## Introducción

En un tiempo relativamente corto la vegetación de México ha sufrido extensas alteraciones antrópicas. Muy pocas áreas del territorio nacional contienen aún comunidades ecológicas inalteradas. La huella de la deforestación, las quemadas de monte, el sobrepastoreo y sus consecuencias sobre la vegetación y el suelo fértil están a la vista en casi cualquier paisaje del país. Ante esta situación de tan graves consecuencias sobre la productividad del campo y la conservación de la biodiversidad surge como una prioridad inaplazable el comenzar a desarrollar procedimientos para revertir este terrible deterioro de una manera inteligente.

Las legumbres han sido utilizadas en la agricultura desde tiempos antiguos, semillas de leguminosas o legumbres estaban entre las primeras fuentes de alimentación humana y su domesticación y el cultivo en muchas zonas ocurrido al mismo tiempo que el de los principales cereales. Nutricionalmente son 2-3 veces más rico en proteínas que los cereales y muchos también contienen aceite, coberturas leguminosas siempre se han utilizado como una fuente de materia orgánica rica en nutrientes y nitrógeno para los cultivos. En tiempos más recientes, las legumbres se han convertido en importante como forraje para el ganado de alta calidad tanto en pasturas cultivadas y en las asociaciones de origen natural.

De todas las plantas utilizadas por el hombre, sólo las hierbas son más importantes que las leguminosas pero son las legumbres que muestran los más prometedores para la explotación y el desarrollo futuro.

Las legumbres son la tercera mayor grupo de plantas con flores que comprende más de 18.000 especies en 650 géneros que están bien distribuidos en la mayoría de entornos en todo el mundo.

La adición de árboles y arbustos forrajeros en la ganadería cubana de forma acelerada y sostenible puede ser la solución para satisfacer la demanda de la población y garantizar la conservación de los recursos naturales y ambientales. Simón (1998) describió la importancia de los árboles, considerándolos como los organismos vivos que con mayor eficiencia utilizan la energía solar y la convierten en biomasa, presentan sistema radicular profundo (leguminosas arbóreas y arbustivas) que les permite tomar el agua y los nutrientes de las capas profundas del suelo e incorporarlos a la superficie, la fijación simbiótica del nitrógeno a través del *Rhizobium* confiriéndole una mayor adaptación y resistencia a la sequía, la altura que toma su follaje les permite evitar la competencia fotosintética con las gramíneas y otras plantas; el ciclo de renovación orgánica se incrementa al retornar al suelo las hojas, los frutos, las ramas, las heces y la orina y al existir una mayor cobertura de raíces a diferentes profundidades. La utilización de las leguminosas asociadas con gramíneas pratenses favorecen las características forrajeras de



estas últimas, incrementan la biodiversidad vegetal, se logra un mayor equilibrio de los rendimientos a través del año y los animales cosechan un alimento mucho más balanceado y rico en proteína en comparación con el de la pradera de monocultivo, existe además una contribución al nitrógeno del suelo. Los árboles atenúan la falta de forraje verde del período seco, la sombra de los árboles al atenuar la intensidad lumínica y la temperatura, mejora también el obtenido de PB de los pastos acompañantes en especial de gramíneas que muestran buena tolerancia por efecto de una lenta maduración. Los pobres valores nutricionales de los pastos naturales son mejorados cuando son asociados con leguminosas y se obtiene de este modo mayores resultados económicos (Lascano, 1991).

Las leguminosas poseen valores biológicos más elevados que las gramíneas, brindan nitrógeno al suelo mediante fijación simbiótica, aportan materia orgánica, lo protegen de la erosión y mejoran sus propiedades físicas (López, 1980).

El uso de la *Leucaena* en la producción animal, ha tenido un desarrollo exitoso en la ganadería, logrando aumentar la carga animal, la producción de carne y el ahorro de suplementos proteicos (Castillo 1992; Días y González 1995 y Fonseca 1999).

Se han propuesto los sistemas agroforestales, dentro de los cuales los silvopastoriles han demostrado la importancia de la integración del componente arbóreo en las pasturas como elemento mejorador de las condiciones productivas de las áreas dedicadas a la actividad ganadera. Especialmente, estos sistemas han patentizado los beneficios económicos aportados a la actividad pecuaria con el uso de árboles y arbustos forrajeros como complementos a la alimentación básica del ganado tanto de carne como de leche en el trópico (Camero 1996; Pezo e Ibrahim 1999; Montagnini 1992). Son diversas las razones por las cuales los sistemas silvopastoriles han sido demostrados como una alternativa para los sistemas ganaderos tradicionales y para la sostenibilidad ambiental. Abarca (1997) y Mahecha (2002), mencionan que al tener un sistema silvopastoril los beneficios obtenidos son a nivel de reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, profundidad y distribución de raíces, acción de micro y macro fauna y control de erosión.

Sobre la base de lo mencionado anteriormente, se plantea como objetivo general el llevar a cabo una exhaustiva revisión de la literatura inherente a las características más comunes que se utilizan de la *Leucaena leucocephala* en la ganadería

**Palabras clave:** Características de *Leucaena leucocephala*, Uso de *Leucaena leucocephala*, la *Leucaena leucocephala* en la Ganadería

## **Materiales y Métodos**

La realización de monografías conlleva uno de los diversos objetivos trascendentales de la revisión bibliográfica de los múltiples temas de las innumerables áreas del conocimiento científico.

Por ello es que se tiene el interés de detallar lo relativo a la correlación que pudiese darse entre las diversas características y/o variables del ecosistema así como inherentes a la especie animal bajo estudio ya sea de manera extensiva y/o intensiva en la producción animal y/o de especies de fauna silvestre.

Para la revisión del presente tema se llevó a cabo una minuciosa recusación de citas de literatura científica que nos permitiese llegara a conclusiones importantes, relativo al tema para lo que se revisó la extensa biblioteca insoslayable dado la temporalidad y espacio que abarca; el INTERNET.

Una vez recabada la información que se creyó pertinente, se procedió a seleccionar las citas idóneas para pasar a la redacción del escrito, dándole orden y seguimiento al mismo

Pensar en que este escrito es actualizado es poco o nada adecuado, ya que la generación de información es tan dinámica que es impropio llegar a esa conclusión

Esperando que este escrito sea de apoyo no solamente en el área de manejo de pastizales, me es muy grato poner a su disposición este compendio de literatura esperando sea de su agrado.

## Revisión de Literatura

A pesar de que en la gran mayoría de las superficies muy alteradas no lograremos ya recuperar lo que antes existía, es aún posible inducir el desarrollo de una vegetación protectora que permita conservar e incrementar la fertilidad del suelo y parte de la diversidad de plantas y animales Montenegro y Abarca (2002).

Un recurso fundamental para lograr lo anterior lo constituyen las especies vegetales herbáceas y leñosas nativas que tengan la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y el restablecimiento de al menos parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios (Abreu, 2002).

Hasta nuestros días, los programas de reforestación desarrollados por los gobiernos estatales, el ejército y las dependencias del gobierno federal han hecho uso principalmente de especies de árboles exóticos mundialmente conocidos y algunas especies nativas biológicamente mal conocidas, lo que ha impedido que se tenga algún éxito en los propósitos anteriormente mencionados. Los bosques de especies exóticas se transforman por lo general en “desiertos verdes” que no permiten la subsistencia de la gran mayoría de las especies locales de plantas y animales. Cuando estos son cultivados en pendientes, cumplen muy pobremente su pretendida función de proteger el suelo de la erosión y ayudar a restaurar el ciclo hidrológico original (Álvarez y Zuluaga, 2011).

### **Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación**

En contraste, varias especies de árboles y arbustos de los géneros *Caesalpinia*, *Enterolobium*, *Gliricidia*, *Guazuma*, *Leucaena* presentes en México han sido empleadas para reforestación restauración y agroforestería en otros continentes como Africa (Anguiano y col., 2012).

Cuando se reforesta con especies exóticas se tienen resueltos los problemas de domesticación y disponibilidad de propágulos, sin embargo, los resultados obtenidos con éstas obligan a replantear la necesidad de domesticar y aprender a propagar especies nativas, para lo cual es necesario realizar un inventario de las especies que presenten las propiedades biológicas y ecológicas más adecuadas para cada clima y condición ambiental del país (Argel y Lascano, 1998).

Para hacer un uso exitoso de las especies nativas de cada región en programas de desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles, restauración ecológica y reforestación es indispensable profundizar nuestro conocimiento sobre la biología, la ecología, la

propagación y el manejo de las especies disponibles, a fin de posibilitar la domesticación de dichas especies y desarrollar técnicas eficientes de propagación, e incluso llegar a mejorar por selección sexual, clonal o ingeniería genética algunas de sus características más valiosas. Es importante también tomar en consideración la utilidad de las especies para la población local, ya que ello redundará en una mejor conservación de las zonas restauradas (Bacab y col., 2012).

A lo largo de las siguientes páginas se hará énfasis en las especies leñosas; sin embargo, no debemos descartar el valor que otro tipo de plantas como las gramíneas puede tener en la restauración ecológica y mejoramiento ambiental de sitios alterados (Caballero, 2010).

En América Latina y el Caribe, la presión del hombre sobre la tierra utilizada en actividades agropecuarias ha venido aumentando progresivamente en los últimos años. El crecimiento de las poblaciones, las dificultades económicas, el endeudamiento internacional y un decrecimiento en la productividad per cápita de los alimentos, ha contribuido a una mayor demanda por las tierras agrícolas, ocasionando un aumento en la deforestación de bosques, produciendo problemas de erosión en los suelos, deterioro de las cuencas y de las fuentes de agua. Durante muchas décadas la actividad ganadera en el trópico de América Latina ha sido asociada a una de las principales actividades que han ocasionado la degradación ambiental y a la pérdida de la biodiversidad, por medio del establecimiento de gramíneas en monocultivo para la cría de bovinos de forma extensiva, con baja productividad (Camero 1996; Abarca 1997). Se cree que el crecimiento de las explotaciones ganaderas ha sido ocasionado por un aumento en la demanda de proteínas de origen animal, ocasionando así una destrucción de los bosques tropicales en Latinoamérica, con un daño irreversible para los ecosistemas en la región (FAO 2005).

Asimismo, el impacto ocasionado por la deforestación de áreas de bosques a nivel local son diversos, entre los más importantes están los siguientes; erosión del suelo, deterioro de las cuencas y fuentes de agua, a nivel global encontramos el impacto que tiene sobre la producción o almacenamiento de los gases de efecto invernadero (Abarca, 1997). Montenegro y Abarca (2002), mencionan que la emisión de estos gases incrementan anualmente en un porcentaje de 0,5 de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); 0,6 de metano (CH<sub>4</sub>) y 0,35% de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y que esto se debe principalmente por el cambio en el uso de suelo.

La producción de carne de res constituye la actividad ganadera más importante en las regiones de América Latina -con excepciones donde también se presenta la producción de leche- (Camero 1996; Ibrahim 2001). En Costa Rica, la producción de carne bovina, ha sido tradicionalmente de tipo extensivo. Se caracteriza por presentar baja productividad, uso inadecuado de la tierra y poca sostenibilidad y rentabilidad, aspectos unidos a los altos intereses bancarios han provocado, en los últimos años, una considerable reducción del hato nacional (Tobías y col., 2001). Es por esto que se busca el desarrollo de explotaciones agrícolas que promuevan la mejora de los pastos, el cultivo de plantas forrajeras y la

plantación de árboles, ofreciendo mayores beneficios socioeconómicos y oportunidades para la conservación de la biodiversidad, al tiempo que el medio ambiente local y global se beneficia a través de la creación de reservas estables de carbono (FAO, 2005).

### **Restauración Ecológica**

Existen tres posiciones diferentes con respecto al significado de la restauración ecológica. Una visión fundamentalista de ésta, consiste en considerar la restauración como un regreso a las condiciones existentes en las comunidades naturales originales de cada región, incluida la diversidad biológica original incluso logrando nuevamente cierta estabilidad sin necesidad de manejo posterior. El retorno a la situación original puede aún ser posible en zonas perturbadas de lugares como reservas de la naturaleza en las que sólo una parte de la comunidad original ha sido alterada; en cambio, en muchos sitios sólo será posible aplicar una segunda opción más práctica y que puede combinarse con actividades productivas. En este caso la restauración ecológica estaría dirigida a tratar de recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original, que permitan mantener la estabilidad en la fertilidad, la conservación del suelo y el ciclo hidrológico, aunque parte de la diversidad se haya perdido, la estabilidad del sistema tenga que ser manejada y algunas especies extrañas previamente inexistentes hayan ingresado al área (Calle y col., 2012).

La restauración del paisaje es la tercera forma de vislumbrar la restauración. En este caso se busca desarrollar un paisaje atractivo y salubre para reemplazar otro que no lo es; por ejemplo, en un relleno sanitario (Rodríguez, 2001).

Los niveles de destrucción de la cubierta vegetal, del suelo fértil y de la capacidad de regeneración de la vegetación nativa marcarán la pauta del origen y las características biológicas de las especies que podrán usarse para cada localidad. Lugares con un nivel de deterioro relativamente leve podrían conservar los mecanismos naturales de regeneración o cicatrización como la presencia de un banco edáfico de semillas y estructuras vegetativas vivas, lluvia de semillas y un suelo aún fértil Arcue, (2001). Un nivel de deterioro mayor podría requerir de manipulaciones que incluyen el mejoramiento ambiental del sitio mediante el uso de especies de plantas mejoradoras de las cualidades del suelo y del microclima, combinadas con la reactivación de la lluvia de semillas procedentes de zonas conservadas cercanas a través de medios biológicos Guillette, (2000). Finalmente, en áreas muy alteradas o en las que se presenta una invasión natural o inducida de especies de plantas foráneas se podrían requerir de acciones como: eliminación de la vegetación invasora, mejoramiento ambiental del sitio por medio de especies vegetales locales o introducidas, adecuadas para el fin buscado, e incluso puede requerirse cambios utilizando técnicas de ingeniería del paisaje para mejorar las condiciones de establecimiento de las plantas que se utilicen en la reforestación (Martínez, 1998).

## **Sistemas agro silvopastoriles**

Una manera en que podemos utilizar plantas silvestres domesticadas de forma combinada con la producción agropecuaria es mediante los sistemas agro silvopastoriles, que pueden tener una estructura espacial muy variable dependiendo del tipo de ecosistema del que se trate y del propósito perseguido en su diseño. Se trata de combinaciones de cultivos de árboles y arbustos con cultivos o pastizales, que varían en secuencia temporal, composición de especies, arreglo espacial y en las interacciones biológicas que se dan entre sus componentes (Raya, 2003). Si estos sistemas están bien diseñados, sus componentes leñosos pueden prestar servicios valiosos como: sombra, protección al cultivo contra el viento, control de erosión eólica, e hídrica, reducción de la evapotranspiración, acumulación de materia orgánica en el suelo, fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y por la vegetación, reciclaje eficiente de nutrientes minerales, retención e infiltración del agua en el suelo y un hábitat adecuado para algunas especies nativas, al mismo tiempo que se obtienen productos suplementarios a los que origina el cultivo o el ganado que se produce en el sitio (Izaguirre, 1997). Estos productos pueden ser: forrajes, leña y carbón, postes, abonos verdes, vainas comestibles, miel, árboles maderables y frutas, colorantes, fibras, entre otras cosas. Las otras ventajas que nos proporcionan los sistemas agrosilvopastoriles son en esencia una mejor conservación del suelo y reducción en el uso de fertilizantes. Desafortunadamente, presiones de índole económica o estructuras sociales derivadas de las formas de tenencia de la tierra dificultan la implementación de estos sistemas (Quentin, 2004).

Las leguminosas (Fabaceae) juegan un papel primordial en los sistemas agrosilvopastoriles tropicales por su capacidad para la fijación del nitrógeno molecular atmosférico en moléculas orgánicas; sin embargo, lo ideal es lograr una combinación de árboles cuya hojarasca tenga diferentes niveles de concentración de carbono y nitrógeno, ya que esto propicia una mejor calidad del humus formado y por lo tanto, con el tiempo, la mejora en la capacidad de intercambio catiónico en el suelo y la estructura de los conglomerados edáficos cuya forma tamaño y disposición determinan la erosividad y fertilidad (Cárdenas y López, 2008).

## Domesticación de árboles

Ya se trate de restauración ecológica, reforestación o desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles, la domesticación es la primera etapa del manejo de los árboles. Utilizamos aquí la palabra domesticación con un sentido muy diferente a la que le dan los etnobotánicos (Chacón y Marchena, 2008).

- ✓ Adopción de plantas nativas o foráneas buscando en la flora disponible las plantas que puedan proporcionarnos el servicio deseado.
- ✓ Identificar y capturar el germoplasma disponible.
- ✓ Buscar fenotipos óptimos para el propósito establecido.
- ✓ Optimizar los métodos de propagación.
- ✓ Mejorar las cualidades valiosas

Las plantas valiosas para la restauración y la reforestación deberían presentar las siguientes cualidades.

- ✓ Ser de fácil propagación
- ✓ Resistir condiciones limitantes, como baja fertilidad, sequía, suelos compactados, pH alto o bajo, salinidad, etcétera
- ✓ Tener crecimiento rápido y buena producción de materia orgánica como hojarasca, de preferencia con una relación alta de C/N
- ✓ Tener alguna utilidad adicional a su efecto restaurador; por ejemplo, producir leña, carbón, forraje nutritivo, vainas comestibles, madera o néctar
- ✓ Nula tendencia a adquirir una propagación malezoide invasora, incontrolable

Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas que compensen el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el suelo, que tiendan a favorecer el restablecimiento de las poblaciones de elementos de la flora y fauna nativas, proporcionándoles un hábitat y alimento (Dagang y Nair, 2003).

Con el tiempo los conglomerados de estas plantas pueden llegar a facilitar de forma natural el reciclaje de nutrientes, preservándose la fertilidad, y en general acercándose gradualmente a la manera cómo funcionan las comunidades naturales.

Existen en México varios miles de especies leñosas nativas que son potencialmente valiosas para proceder a utilizarlas con los propósitos antes mencionados (Abreu, 2002). Este primer paso consiste en inventariar los recursos vegetales disponibles potencialmente valiosos para los propósitos antes mencionados, haciendo énfasis en incrementar el conocimiento acerca de las características de las especies y su relación con sus potencialidades de uso, tales como: taxonomía, distribución geográfica, usos conocidos y conocimiento empírico y científico existente, historia de vida, hábitat y ubicación en la sucesión ecológica y otros aspectos de interés (Molinari, 2013).

## **Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad**

Los bajos niveles de productividad y competitividad en la mayor parte de los sistemas ganaderos tropicales se generan como consecuencia del agotamiento de los recursos naturales que a su vez es exacerbado por el cambio climático (Acosta, 2012). Se hace necesario cambiar el manejo de la ganadería hacia sistemas más sostenibles que incluyan los sistemas agroforestales pecuarios (entre ellos los sistemas silvopastoriles) y la generación de servicios ambientales (Calle y col., 2012).

Los sistemas silvopastoriles son un tipo de sistema agroforestal simultáneo en el cual interactúan plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), con herbáceas o volubles (pastos, leguminosas herbáceas y arvenses) y con la presencia de animales domésticos principalmente bovinos, 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 que pueden ser forrajeros, frutales, maderables o de usos complementarios (Murgueitio y col., 2011).

Cuando pasamos de la escala de finca a la del paisaje, se requiere pensar más allá de las áreas destinadas a la ganadería, así los paisajes pecuarios intervenidos con oferta de servicios ambientales y sustentabilidad deben realizar conservación de bosques nativos, protección de humedales, manejo de bajo impacto de sabanas naturales y, en forma simultánea, transformar la matriz de pastos introducidos sin árboles en un territorio agroforestal mediante la combinación de diferentes arreglos (Chará y col., 2011)

### **Algunos principios agroecológicos aplicables a los Sistemas Silvopastoriles**

La intensificación ganadera con generación de servicios ambientales debe emplear principios agroecológicos. Se busca elevar al máximo 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 de biomasa e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo. Los insumos o entradas de los sistemas silvopastoriles proceden en forma principal de procesos biológicos y no de combustibles fósiles o compuestos sintéticos (Murgueitio y col., 2011). Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) constituyen un buen ejemplo de intensificación de la agricultura por la vía natural, que tiene un lugar especial en el mundo contemporáneo por la demanda creciente de carne y leche por parte de la sociedad (Montagnini, 2011).

Recientemente se han identificado cuatro criterios claves (denominados las cuatro *ies*) que deben cumplir las prácticas agroforestales basadas en investigación científica (Jose, 2012). Estos son:



- *Intencionalidad*: la combinación de árboles, cultivos y/o animales debe haberse diseñado, establecido o manejado intencionalmente para funcionar de manera conjunta y producir múltiples productos y beneficios.
- *Intensividad*: los sistemas agroforestales y silvopastoriles deben ser creados y manejados intensivamente para mantener su productividad y función protectora e involucrar prácticas culturales de cultivo, fertilización, irrigación, podas y cortes. En la modalidad SSPi de Colombia, México y otros países, se privilegian procedimientos agroecológicos y no uso de insumos agroquímicos (Murgueitio y col., 2011).
- *Integralidad*: los componentes están combinados estructural y funcionalmente en una sola unidad integrada de manejo, de tal manera que la capacidad productiva de la tierra sea utilizada completamente y se generen múltiples beneficios.
- *Interactividad*: el arreglo de especies que conforman los sistemas agroforestales interactúan y utilizan activamente los recursos biofísicos para una producción óptima de bienes (agrícolas, pecuarios y forestales) y de servicios ambientales.

### **Adaptación al cambio climático de la ganadería con sistemas silvopastoriles**

El incremento en la productividad primaria del agro ecosistema ganadero al tener más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y pastos vigorosos contribuye a mitigar el cambio climático a través de varios mecanismos tales como:

- Incremento de los depósitos de carbono en el suelo y la vegetación leñosa (Murgueitio y col., 2011).
- Reducción de emisiones de metano por mayor eficiencia en el rumen del ganado. En los SSPi el suministro de *Leucaena leucocephala* al ganado genera una reducción en las emisiones de metano por kilogramo de materia seca consumida y por kilogramo de materia seca digerida. Esto a su vez genera una reducción en las emisiones de metano por kilo de carne o leche producida en los SSPi (Gaviria y col., 2012).
- Menores pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera por rápido y eficiente reciclaje de excretas. El conjunto de emisiones de gases con efecto de invernadero empieza a ser más importante que la evaluación independiente del dióxido de carbono o las emisiones de metano. Un balance preliminar reciente (Naranjo y col., 2012) evidencia efectos positivos de los SSPi donde las menores pérdidas de nitrógeno y la mayor captura de carbono compensan las emisiones de metano del ganado.

Los ganaderos cada vez son más conscientes de la urgencia de realizar acciones para la adaptación de los sistemas ganaderos al cambio climático. En resumen (Murgueitio y col., 2013) se requiere:

- Planificar el uso de la tierra por sitio.
- Proteger, almacenar y usar en forma eficiente el agua.
- Multiplicar las prácticas de conservación de suelos.
- Incrementar la cobertura vegetal de árboles, arbustos, pastos y arvenses.

- Emplear variedades y razas locales adaptadas en especial las razas criollas y los cebuínos cruzados con *Bos Taurus*.
- Promover las prácticas agroecológicas como la reducción de los insumos agroquímicos y el consumo de petróleo.
- Erradicar las prácticas insostenibles como el fuego y la deforestación.

En el mejoramiento de las condiciones del bienestar de los animales, otro tema emergente de mucha importancia en la actualidad y condicionante del mercado internacional de carne y leche (Broom, 2012), los sistemas agrosilvopastoriles cumplen una función importante ya que la sombra de árboles en pasturas está asociada a incrementos en la producción de leche y ganancia de peso entre el 13 y 28% (Abreu, 2002). En la región del Caribe seco Colombiano los modelos más intensivos en el uso de arbustos, árboles y pastos en rotación generan una mayor mansedumbre en los animales y les reducen el estrés térmico (Ocampo y col., 2012).

### **El reto de multiplicar los SSP a escalas mayores**

Ahora que los productores y los decisores de política conocen y aprecian estos modelos porque son útiles para enfrentar el cambio climático, y tener mayor competitividad y sustentabilidad, se requiere su rápida expansión a escalas regionales y de paisaje. Para esto se deben superar importantes barreras de todo tipo (Abreu, 2002).

El proyecto *Enfoques Silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas*, desarrollado entre 2002 y 2007 en Nicaragua, Costa Rica y Colombia (GEF, Banco Mundial, FAO, CATIE, CIPAV, NITLAPAN) ofertó a los productores la asistencia técnica y el incentivo del Pago por Servicios Ambientales para remplazar pastos sin árboles por sistemas silvopastoriles (Pagiola y col., 2005). Cuando se combinaron ambas alternativas se logró mayor adopción de los SSP y otros usos de conservación a cuenta de reducir las pasturas degradadas. Fue un proyecto con un mecanismo de intervención novedoso donde se pagó a los propietarios de las tierras por los servicios o beneficios ambientales globales que producían como la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad (Zapata y col., 2008).

Este proyecto dio origen a la iniciativa en curso (2010-2017) en *Ganadería Colombiana Sostenible* (GEF, Banco Mundial, ICF-Gobierno de Gran Bretaña, FEDEGAN, CIPAV, TNC, Fondo Acción) que trabaja con más de dos mil productores en cinco regiones ganaderas. Se combina el pago por servicios ambientales, la asistencia técnica especializada en SSP y el crédito con incentivo del 40% ofrecido por el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario - FINAGRO como parte del Incentivo a la Capitalización Rural-ICR (Álvarez y Zuluaga, 2011).

En México la Red SSPi liderada por la Fundación Produce Michoacán con el apoyo de SAGARPA ha logrado establecer cerca de diez mil hectáreas de SSPi en 15 estados en menos de 4 años (Xóchitl y Solorio, 2013).

Estas iniciativas son alentadoras pero no basta establecer los SSPi; se requiere el mejor funcionamiento de los mismos con buenas prácticas sanitarias y de bienestar animal. Por lo tanto este tipo de ganadería del presente que es el futuro, requieren una gestión rigurosa, controles administrativos, ajustes permanentes basados en información objetiva y mayor soporte científico (Acosta, 2010).

### **Ubicación taxonómica**

La aroma blanca (*Leucaena leucocephala*) como vulgarmente se conoce, pertenece a la tribu Mimosoideae de la familia Mimosoideae, sub familia Leguminosae (León y Alain, 1951; Whyte, Nilson-Leissner y Trumble, 1955; Mateo Box, 1961; Roig, 1963; Yepes, 1971). La correcta tipificación de *Leucaena glauca* (L.) Bth. se debe a de Wit (1961), y fue reafirmada por Everist (1963), pero Gillis y Stearn (1974) indagando en el material disponible por Linnaeus cuando publicó el nombre de *Mimosa latisiliqua* en 1753 mostraba que él entendió está por Lisiloma, esparcida en la Bahamas y que el correcto nombre para esta especie debía ser *Lisiloma latisiliqua* (L.) Gillis, con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit como un sinónimo. Sin embargo, de Wit (1975) y Brewbaker (1978) en sus respectivos trabajos ratifican esta especie como *L. leucocephala* (Lam.) de Wit como el nombre botánico correcto de esta especie y no el de *L. latisiliqua*, el cual es insatisfactorio de acuerdo a la Asociación Internacional para la Taxonomía de las Plantas.

### **Características botánicas**

Roig (1974) la describe como un árbol inerme que a veces alcanza hasta 20 m de altura, pero por lo general no es más que un arbusto de unos 3 m o menos, con las ramillas pubescentes, pecioladas, de 3 a 6 cm de largo, con o sin glándulas y pinnas superiores un poco más cortas que las inferiores. Foliolos uniuiláteros, flores blancas en cabezuela pedunculadas globulares, axilares o terminales en su mayoría aglomeradas, de 1,5 a 3 cm de diámetro. Legumbres numerosas, lineales, aplanadas, membranosas. Semillas aovadas, planas transversas.

Dentro de Mimosoideae, junto con *Lysiloma*, *Desmanthus*, *Calliandra* y *Albizia*, difiere de *Acacia*, *Prosopis*, *Dichrostachys* y *Pithecellobium*, por no poseer espinas (Yepes, 1975).

Aunque se conocen alrededor de 100 variedades, estas son clasificadas en tres tipos: Hawiiano, Salvador y Perú (Anon, 1975); siendo descritas las variedades glauca y glabrata por Brewbaker (1978) como pequeños árboles o arbustos de 8 m, hojas

pequeñas compuestas por foliolos (7-12 mm), vainas pequeñas de 12-18 cm y semillas de 5-7 mm y como grandes árboles (hasta 18 m), con hojas grandes con foliolos de 10-18 cm, vainas de 18-26 cm y semillas.

### **Origen, distribución y adaptación**

*L. leucocephala* es originaria de Centroamérica (Hutton, 1970) específicamente de México (Cooksley, 1974<sup>a</sup>; Brewbaker, 1978), estando distribuida a través de los trópicos del nuevo y el viejo mundo, resultando una especie promisoría en países como Papua (Anon, 1960), Nueva Zelandia (Wilson, Cradock y Flemons, 1961), India (Chattarge y Singh, 1966), Australia (Cameron y Mullaly, 1969; Humphreys y Jones, 1975) y Venezuela (Latez, Vázquez, Parra y Bryan, 1975).

Esta especie es raramente encontrada en zonas que excedan los 500 m de altitud (Brewbaker, 1978), aunque se ha reportado creciendo con buen vigor hasta los 1 350 msnm. en Kenya (Suttie, 1968).

Su capacidad de adaptación le permite desarrollarse y producir en tierras bajas (Anon, 1965), suelos salinos (Eavis, Cumberbath y Medford, 1974), arcillosos y pesados (Cooksley, 1974) e incluso soportar bajos niveles de pH y Ca (Andrew y Hutton, 1974); aunque prefiere los suelos neutros donde crece mejor (Wu, 1964; Cooksley, 1974). No obstante es incapaz de soportar encharcamiento por largos períodos de tiempo (Partridge y Ranacou, 1974).

En Cuba su adaptación ha sido marcadamente exitosa, encontrándose silvestre en colinas calcáreas, matorrales y terrenos yermos cercanos a la costa, excepto en las zonas cenagosas donde crece el soplillo (*Lisiloma bahamenses* Bth. *Mimosa latisiliqua* (L.) de gran similitud morfológica.

### **Líneas promisorias**

Partiendo de los tipos iniciales como el común Hawaino, pequeño arbustillo, de bajo crecimiento, de floración temprana y de los tipos de más alto rendimiento y de floración tardía, como el Perú y el Salvador (Hutton, 1960), se comenzaron los trabajos de mejoramiento en esta especie entre los años 1969 y 1970 en Lansdown, cerca de Townsville (Hutton y Gray, 1970).

### **Características de la semilla**

*Leucaena* produce gran cantidad de semillas en casi todos los climas en que es cultivada. Las vainas frescas contienen alrededor de 70-90% de semillas duras (Davies y Hutton, 1975), lo cual produce el efecto de dormancia reportado por Randeo (1971). Esta característica ha motivado el uso de diferentes métodos de reblandecimiento de las capas externas de la semilla, conocido como método de escarificación, a fin de lograr

un mayor por ciento de germinación en la etapa de establecimiento. Con buenos resultados se ha empleado la inmersión por dos minutos en agua a 80°C (Gray, 1962), escarificación con papel de lija o inmersión en agua a 90°C hasta temperaturas frías (Chandola, Khan, Tyagi y Chaturvedi, 1973); alternación de la temperatura entre 20 y 32°C y un precalentamiento a 70°C (Pathak, Debroy y Rai, 1974), uso del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado durante 9 minutos (Pathak y Roy, 1974), agua caliente a 80°C durante tres minutos (Anon, 1977) y agua caliente a 100° y bajada del fuego con inmersión durante tres minutos (Menéndez y Martínez, inédito). De estos métodos el menos conveniente, peligroso y caro es el uso de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sobre todo al ser usado en gran escala.

### **Establecimiento**

Como sucede en la mayoría de las leguminosas, *Leucaena* enfrenta problemas en la etapa de establecimiento, sobre todo en la primera fase después de la germinación, en la cual el crecimiento de las plántulas es extremadamente lento, siendo mayores las dificultades cuando se adiciona el efecto depresivo producido por la invasión de malas hierbas. Este efecto fue reportado por Jones (1970), Harding (1972) y Cooksley (1974), encontrando este último que aun cuando *Leucaena* fue nodulada con efectividad por su raza específica de *Rhizobium*, el cultivo post-emergente incrementó 93 veces el rendimiento al final del establecimiento, siendo sugerida más tarde por Hutton (1972) y Jones (1974) el uso de herbicida pre-emergente y el cultivo post-emergente como métodos para el establecimiento de esta especie en condiciones de campo.

### **Rendimientos**

*Leucaena* es una fuente promisoría de forraje de alto contenido protéico que produce gran rendimiento de hojas cuando otros pastos han cesado su crecimiento y sus hojas se secan (Hutton, 1972). Por otra parte, ha sido constatado un alto poder de recuperación en esta especie al incrementar su productividad desde 10 kg de MS/semana al final de la época de seca, hasta 84 kg de MS/semana al inicio de la época de lluvia, en períodos relativamente cortos (Falvey, 1976).

Oakes y Skov (1967) reportaron rendimientos de 7,2 a 19,2 t de MS/ha y de 0,73 a 1,15 t de proteína/ha, lo que dependió de la variedad; mientras que Herrera (1967) obtuvo variaciones de 7,12 a 26,08 t de MS/ha y de 1,19 a 4,69 t de proteína/ha al cortar con alturas de 10 y 75 cm en dependencia de la altura de la planta.

En Australia, Hutton y Bonner (1960), al comparar diferentes líneas de *Leucaena*, obtuvieron rendimientos de MS de 12 y 1,4 t/ha para el cv. Perú y Hawaiano respectivamente; mientras que en Hawaii, en ensayos similares con líneas sobresalientes, se alcanzó hasta 33 t de MS/ha. En ambos casos los rendimientos dependieron de la variedad y de las condiciones específicas de cada lugar.

Para las condiciones de Sanford, en Australia y en experimentos de pastoreos los rendimientos estuvieron alrededor de las 10 t de MS/ha. Con frecuencias de corte similares, pero en diferentes años, se ha observado variabilidad en el rendimiento. Takahashi y Ripperton (1949) cortando en 3; 4 y 6 ocasiones por año obtuvieron rendimientos de 18,7; 20,5 y 15,5 t de MS/ha, respectivamente.

Posteriormente Kinch y Ripperton (1962), usando incluso líneas de altos rendimientos, solo alcanzaron de 8 a 10 t de MS/ha, con frecuencias similares, como se aprecia, las variaciones en rendimientos dependen de las condiciones edafoclimáticas específicas de cada lugar, de las variedades usadas y del manejo a que han sido sometidos, pero es posible evidenciar que el potencial productivo en la mayoría de los casos está por encima de las 10 t de MS/ha.

### **Valor nutritivo**

Las hojas de *Leucaena* presentan un alto valor nutritivo; Upadhyay y Pathak (1974) han reportado contenidos de 21,4% de proteína bruta (PB), 14,2% de fibra bruta (FB), 6,5% de extracto etéreo, 2,7% de Ca y 0,17% de P. La digestibilidad de la materia seca (MS) y los contenidos de PB digerible (PBD) y TND fueron de 71,3; 16,7 y 70,2% respectivamente, presentando los animales balances positivos de N, Ca y P. Falvey (1976) reportó contenidos de PB en las hojas, que varió a través del año entre 18,7 y 30%, los cuales fueron muy superiores a los de *Stylosanthes humilis* (9,3-18,7%).

Joshi y Upadhyay (1976) reportaron para las hojas y algunas ramas jóvenes valores entre 20 y 24% de PB, 15,5% de PBD y 54% de TND, mientras que en un informe elaborado por el National Academic Science (Anon, 1977) sobre *Leucaena*, planteó valores de 27-34% de PC. En este trabajo se consideró a las hojas de *Leucaena* como un aumento completo para la alimentación de los rumiantes, con una proteína de alta calidad nutricional, ya que presenta un buen balance de aminoácidos, equivalente al de la alfalfa.

Zapata, (2008), citan datos de contenido de P de 0,23% y altos contenidos en caroteno (536 mg/kg de MS) concluyendo que la *Leucaena* es una fuente excepcional para el suministro de Ca y P y otros elementos a los animales, aunque también reportan que en el norte de Australia se ha encontrado bajo contenido de sodio en la planta (0,01-0,03% de la MS).

El contenido de mimosina de esta planta puede reducir la actividad celulolítica y la digestibilidad *in vitro*, en ocasiones estimadas en 2-7% de unidades, por espacio de una semana, cuando se comienza a suministrar el alimento; sin embargo, las bacterias del ruina se adaptan rápidamente, presentando posteriormente, la *Leucaena*, valores de digestibilidad similares a otras leguminosas (Anon, 1977).

## Toxicidad

Las hojas y semillas de *L. leucocephala* contienen un aminoácido no proteico denominado mimosina el cual se encuentra entre el 3-5% de la MS de las hojas (Anon, 1977) y es la principal causante de los síntomas de intoxicación que presentan los animales cuando las consumen en grandes cantidades.

En animales de laboratorio (no rumiantes) se han encontrado síntomas de pérdidas de pelo, aborto, infertilidad, pérdida de salud, disminución de la secreción láctea, deformaciones y otras anomalías (Cosida, 1944; Negarte, Corte y Torne, 1964; Bidón y Raymond, 1966 y Joshi, 1968). También encontraron efectos similares Van Salman, Grimes y Collins (1959) y Dewreede y Wayman (1970) citados por Hegarty y Peterson (1973). Sin embargo en los rumiantes, por lo general no se encuentran estos síntomas, debido a la transformación que sufre la mimosina por las bacterias del rumen, en 3-4 dihidropiridina (DHP), (Hegarty, Court, Christie y Lee, 1976), compuesto que presenta un potente efecto bocígeno (Hegarty y Court, 1976).

Los trabajos realizados muestran que cuando las dietas de los rumiantes contienen menos del 30% de Leucaena los animales pueden consumirlas por largos períodos, pero cuando esta forma más de un 50% de la ración se pueden presentar síntomas de intoxicación al consumirlas por períodos mayores a seis meses (Anon, 1977). Los síntomas que se presentan en los animales intoxicados son: disminución de las ganancias de peso, excesiva salivación, pérdidas del pelo y las tiroides elongadas y de gran tamaño (Jones, 1975; Jones, Blunt y Holmes, 1976). En estos trabajos se observó que los animales afectados por bocio no murieron y el efecto tóxico producido por la Leucaena es reversible si los animales son cambiados de este pasto.

También el trabajo de Jones y col. (1976) sugirió que el efecto tóxico que produce la mimosina puede ser de tipo acumulativo.

En vacas lecheras alimentadas en el período preparto solamente con Leucaena (Hamilton y col., 1971) no se registró efecto sobre el ciclo estral, la concepción, ni efectos posteriores sobre la producción de leche. Sin embargo, algunas vacas presentaron pérdida de pelo, algunas incoordinaciones ligeras y los terneros presentaron un menor peso al nacer (19,6 kg vs 25,8 kg) en comparación con vacas que no la consumieron

Actualmente se trabaja en programas de mejoramiento, principalmente en Australia, para obtener líneas de Leucaena con bajo contenido en mimosina. De los primeros cruzamientos realizados entre Leucaena *leucocephala* y *L. Pulverulenta* (de bajo contenido en mimosina) se han obtenido plantas que han reducido hasta un 50% el contenido de mimosina (Anon, 1977), sin embargo, estas por lo general son infértiles (Hutton, 1975) aunque en la actualidad ya se han seleccionado líneas con bajo contenido en mimosina y capaces de producir semilla que se muestran con perspectivas en las pruebas agronómicas (Hutton, 1976).

También se ha observado que la exposición a temperaturas de 70°C reduce el contenido de mimosina o adicionando sulfato ferroso a las raciones que contienen Leucaena no expuesta al sol se puede disminuir la toxicidad (Matsumoto, Smith y Sherman, 1951).

### **Producción de carne**

Los primeros reportes de la utilización de la Leucaena para la producción de carne datan de los años 40 cuando Henke y Burt (1940) reportaron ganancias de peso hasta de 522 g/día con esta leguminosa.

Hasta la actualidad se han realizado una buena cantidad de trabajos para utilizar la Leucaena en la producción de carne o la crianza de novillas, principalmente en Australia, Hawaii, algunos países asiáticos y más recientemente en Centroamérica. Se ha utilizado de varias formas: como principal componente del pastizal, asociada o combinada a pastos naturales o cultivados, o como suplemento tanto al pasto como a otras dietas.

En los trabajos donde la Leucaena se ha utilizado como único alimento o su proporción en el pastizal ha sido muy elevada no se han reportado buenos resultados, hasta que Jones (1970) observó que cuando pastaban los novillos de forma continua la Leucaena sobre un pasto basal compuesto fundamentalmente por *Chloris gayana* cv. Pioneer y *Digitaria didactyla* en la época de sequía, obtuvieron ganancias de 0,681 kg/día, después de la cual los animales bajaron de peso y presentaron síntomas de intoxicación; en la etapa de lluvias se registraron ganancias de 0,227 kg/día a pesar del buen crecimiento de la Leucaena y el pasto, aunque después de 7 meses de pastoreo no se observaron intoxicaciones.

Holmes (1976) registró pérdidas iniciales de peso en novillas que pastaban Leucaena a razón de 5,7 animales/ha, aunque después de dos semanas comenzaron a ganar de peso, en un segundo experimento pastando Leucaena con cargas de 2,2; 3,4 y 4,6 novillas/ha encontró; después de 24 semanas de prueba, ganancias de peso de 0,58; 0,43 y 0,39 kg/animal/día respectivamente; no obstante las buenas ganancias en los dos primeros tratamientos este autor planteó que no hubo un buen comportamiento en comparación con el control, mientras que en la mayor carga los animales perdieron peso y presentaron bocio.

Blunt, Raymond y Jones (1977) utilizando cargas de 5,7 novillos/ha, encontraron un mal comportamiento en los animales que pastaban de forma continua un pastizal de Leucaena y gangola fertilizado con 214 kg/ha de superfosfato simple e irrigada, aunque al comienzo del experimento se registraron ganancias de peso vivo hasta de 0,9 kg/día, posteriormente disminuyeron, obteniéndose en un período de 308 días ganancias medias de sólo 0,29 kg/día con incidencias de intoxicaciones de 3,4%.



Con el objeto de disminuir la toxicidad que presentan los animales que pastan continuamente la Leucaena se han estudiado sistemas combinados con menor densidad de planta o alternantes, donde la Leucaena es utilizada como un suplemento al pasto, Falvey (1976) al comparar una mezcla de Leucaena y *Cynodon dactylon* sembrada en surco a tres metros de distancia entre ellos y con una densidad de 1 200 plantas/ha, con mezclas de *Stylosanthes humilis* (35%) con Green Panic (*Panicum maximum* var. Trichoglume) y buffel (*Cenchrus ciliaris*), encontró una mayor ganancia en la Leucaena y no reportó efectos tóxicos en los animales. Blunt (1976) empleando mezclas de Leucaena y pangola común obtuvo ganancias entre 0,37-0,72 kg/día en un experimento que duró 161 días. En un segundo experimento que duró 375 días y donde se emplearon cargas de 4,9; 6,2; 7,4 y 8,6 novillas/ha se registraron ganancias de 0,33; 0,37; 0,26 y 0,16 kg/animal/día y de 580; 830; 710 y 490 kg/ha/año respectivamente.

En México, Garza y Portugal (1977) estudiaron el crecimiento de novillas en tres asociaciones de leguminosas con pangola; *Glycine javanica*; *Centrosoma pubescens* y *Leucaena leucocephala* comparada con el pasto pangola solo, a una carga de 3,3 novillas/ha utilizándose riego en el período seco. La siembra de la Leucaena fue similar a la utilizada por Falvey (1976) y esta se pudo dos veces al año. Las ganancias de peso fueron de 0,534; 0,524; 0,483 y 0,385 kg/día para Glycine, Centrosema, Leucaena y Pangola respectivamente, no reportándose tampoco problemas de intoxicaciones.

Blunt y col. (1977) diseñaron un sistema alternante para disminuir los efectos tóxicos que produce el pastoreo continuo de las mezclas de leucaena y pangola reportados anteriormente. Para esto utilizaron dos variantes: una donde los animales permanecían dos meses en una mezcla de leucaena y pangola y un mes en un pastizal de pangola, y en la otra variante permanezcan un mes en la mezcla y dos meses en la pangola con una carga de 5,7 novillas/ha., en ambos sistemas se redujo el grado de intoxicación con respecto al control de leucaena, con grados inferiores de intoxicación (0,5%) en el segundo sistema donde la proporción de leucaena fue menor; sin embargo, no fue posible eliminar los efectos tóxicos del todo; los animales en ambos sistemas también presentaron mayores ganancias de peso que el control, observándose en los dos sistemas altas ganancias de peso (0,64 kg/día) cuando los animales fueron llevados de la pangola a la leucaena, disminuyendo estas cuando eran llevados de la leucaena a la pangola (0,24 kg/día) sobre todo durante el primer mes de permanencia en la pangola donde se registraron caídas bruscas de las ganancias de peso, este comportamiento fue atribuido por los autores, a un efecto residual de la toxicidad de la leucaena.

Shaw, Mannelje y Hall (1968) en Australia utilizaron este sistema en un pastizal natural de baja calidad (*Heteropogon contortus*), donde la leucaena ocupó un 25% del área total con acceso limitado, la carga utilizada fue de 0,82 novillas/ha y las ganancias de peso reportadas fueron de 0,522 y 0,600 kg/animal/día para los períodos de seca y lluvia, respectivamente, la utilización de la siembra de la leucaena en bloques, la cual se les ofrece en forma restringida a los animales, ha sido un sistema que ha tenido buenos éxitos.

Patridge y Ranacou (1974) en las islas Fiji estudiaron algunas variantes de este sistema. Teniendo como base un pasto no fertilizado compuesto principalmente de *Dichanthium caricosum*, estudiaron la inclusión de bloques de leucaena dividida en varias parcelas que ocuparon el 10 ó 20% del área total, lo cual compararon con un control sin leucaena.

Los bloques de leucaena se sembraron en surcos distanciados 2 m entre sí a razón de 6,7 kg de semilla/ha. El experimento que duró 3 años fue sometido a una carga de 1,5 novillos/ha, los cuales tenían acceso limitado a la leucaena de 1-2 días/semana para el tratamiento de 10% y 3-4 días/semana para el tratamiento de 20% de leucaena de forma que se evitara un gran crecimiento de las plantas pero previniendo también un sobrepastoreo de la leucaena. Las ganancias de peso en los tres años variaron entre 170-280 g/día/animal para el tratamiento de pasto sólo, de 255-340 g/día para 10% de leucaena y entre 490-510 g/animal para el tratamiento de 20% de leucaena. Las ganancias medias por área fueron de 110, 170 y 270 kg/ha/año respectivamente. Los animales del tratamiento con el 20% de leucaena llegaban al peso de matanza (400 kg) en un año, los de 10% entre año y medio y dos años y los de pasto solo entre dos a tres años, partiendo de un peso inicial entre 200-230 kg. Los animales en el tratamiento de 20% de leucaena nunca perdieron peso durante la sequía, considerando los autores que este sistema pudo soportar una carga mayor a la utilizada.

En Australia, Falvey (1976) empleó un sistema similar donde la leucaena en bloques ocupó el 33% del área, dividida en cuatro cuartos, de los cuales los animales pastaban durante una semana cada uno, teniendo acceso al resto del área cubierta de *Brachiaria pubigera* + *Stylosanthes humilis* (20%). La carga empleada fue de 2 novillas/ha y fue comparado con un sistema con igual carga y el mismo pasto base pero sin leucaena. En los dos años que duró la prueba los animales ganaron 0,220 kg/animal/día en el sistema de leucaena contra 0,194 en el control, aunque en los últimos 8 meses de prueba, que abarcó desde finales del período seco hasta el principio de la siguiente seca, se registraron ganancias de 0,410 kg/animal/día.

El valor de la *Leucaena* como suplemento proteico al pasto natural fue reportado por Anon (1974) en un estudio con novillas de 18 meses, donde se comparó el pastoreo de un pasto natural + leucaena, suplementado con 0,68 kg/animal/día de harina de maní, el suplemento al pasto con maní solamente o con leucaena solamente. Para el período al final de las lluvias de tres meses y en cuatro años de experimentos se reportaron ganancias entre 35-45, 12-25 y 27-36 kg/animal para los tratamientos respectivamente, mientras que para los tres primeros meses de sequía en un período de tres años estos valores fueron de 42-43, 25-32 y de 18-29 kg/animal. En ambos casos la combinación de la suplementación fue superior que el suministro por separado del maní o la leucaena.

Siebert, Hunter y Jones (1976) empleando la leucaena como suplemento proteico a novillos alimentados con subproductos de la caña de azúcar, han obtenido ganancias de 0,6 kg/día.

### **Producción de leche**

Los estudios del empleo de la leucaena para la producción de leche son escasos y poco precisos, sin embargo, muestran la posibilidad de utilizar esta leguminosa eficientemente para este tipo de producción (Xóchitl y Solorio, 2012).

En el norte de Australia se han reportado producciones entre 5 000-6 000 litros de leche/ha con leucaena (Anon, 1974). En la isla Kwai en Hawaii durante 12 años se ha pastado una asociación con proporciones iguales de leucaena y guinea a razón de 6 vacas/ha, las cuales con la adición de concentrados y mieles diariamente han llegado a producir 9 700 litros de leche/ha/día y 400 kg de ganancia/ha/año (Plucknett, 1970).

Henke y Morita (1954) utilizando vacas Holstein en un período de 5 años obtuvieron mayores producciones de leche con un mayor contenido de grasa que con vacas de la misma raza que comían *P. purpureum* y concentrados.

### **Silvopastoreo: Alternativa económica por el aporte de biomasa de leucaena en la producción lechera**

Mantener un fondo genético de ganado Holstein es de vital interés para la ganadería cubana. No obstante, la situación económica actual dificulta la alimentación de este ganado, la cual se basa fundamentalmente en recursos de importación (Broom, 2012).

García y Martín (1996) señalaron la necesidad de efectuar cambios tecnológicos acordes con las condiciones productivas actuales, para alcanzar producciones económicas y ecológicamente sostenibles.

La incorporación estratégica de árboles leguminosos en las áreas de pastoreo es una alternativa y a la vez, una posibilidad de ofertar una suplementación de calidad y más económica que las fuentes tradicionales (Camero 1996; Ramírez y col. 2001)

Desde el punto de vista de su rentabilidad, Cruz y col. (1998), Jérez y col. (1998) y Simón y Cruz (1998) han demostrado los beneficios económicos de esta práctica en empresas lecheras del país, en cuanto a la producción de biomasa, sin embargo, algunos productores han cuestionado su generalización en cuanto a los beneficios económicos, al considerar la necesidad de realizar un proceso de siembras y acondicionamiento de las áreas de pastoreo, que demandaría el cierre temporal de la unidad, ante esta situación, el objetivo de este estudio fue evaluar el funcionamiento de un sistema lechero, basado en la introducción de *Leucaena leucocephala* en el 100 % del área de pastoreo, en una

vaquería experimental con ganado Holstein y analizar la incidencia en el tiempo en sus indicadores económicos y financieros.

### **Sistemas Agroforestales para la Producción Ganadera en Colombia**

Se pueden diferenciar al menos cinco grupos de sistemas agroforestales para la producción pecuaria en Colombia (Ramírez y col., 2001):

1. Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva.
2. Plantaciones forestales con pastoreo de ganado.
3. Cercos vivos, barreras contra el viento, linderos arborizados, corredores biológicos y espacios para el sombrío de animales.
4. Sistemas silvopastoriles con uso de la sucesión vegetal dirigida.
5. Nuevos sistemas para ganadería intensiva y otras especies animales:
  - Silvopastoriles de alta densidad arbórea.
  - Sistemas de corte y acarreo: bancos de proteína puros, policultivos de corte, policultivos de varios estratos y múltiples usos.

### **Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva**

- Algunos se localizan en las regiones de frontera de la selva húmeda en la Amazonia y el Pacífico, como sistemas de transición en los que el ganado penetra en los bosques y consume múltiples especies del sotobosque y frutos de árboles del dosel. En muchos casos preceden o contribuyen al establecimiento definitivo de las praderas pero también son el resultado de la incapacidad de controlar la sucesión vegetal debido a las precarias condiciones económicas, la extensión territorial o los fenómenos de migración de los colonos (enfermedades, inundaciones, violencia). En general se desarrollan en suelos muy ácidos, con mínimo fósforo y bases intercambiables y toxicidad de hierro y aluminio. Los parámetros productivos son muy bajos y los impactos ambientales muy fuertes (Simon y Cruz, 1998).

- En zonas de ganadería establecida durante mucho tiempo (décadas y hasta siglos), en las regiones Caribe, Andina y aún en la Orinoquia, Amazonia y Pacífico, otros sistemas silvopastoriles se pueden encontrar en praderas con especies vegetales que pudieron hacer parte de las selvas originales o que con el tiempo colonizaron los espacios abiertos. Varias especies de palmas (*Acrococmia aculeata*, *Attalea butyracea*, *Ceroxylon quindiuense* y *C. alpinum*, *Copernicia tectorum*, *Mauritia flexuosa*, *Roystonea regia*, *Sabal mauritiiformis*, *Syagrus zanzana*, *Wettinia sp*) en forma de rodales puros o mixtos se encuentran asociadas con praderas en esta categoría (Milera y col., 2001).

(Martín, 2001; Martín y col., 2000; Montenori, 2003), mencionan que en los bordes entre las sabanas nativas y los bosques de galería los árboles y arbustos resistentes al fuego como el alcornoque (*Bowdichia virgiliodes*), el chaparro (*Curatella americana*) y el chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*) que llegan a formar combinaciones de arbolitos de bajo porte en áreas de pastoreo. En las sabanas anegadizas de la Orinoquia, el árbol llamado

saladillo (*Caraipa llanorum*) forma rodales con espacios abiertos (Hernández J. y Sánchez H. 1994) que son pastoreados por el ganado durante muchos años. En los sistemas aluviales de las vegas de los ríos andinos, caribes, orinocenses y amazónicos, es frecuente la presencia de sistemas de gramíneas asociados con varias especies arbustivas y arbóreas donde se destacan el písamo o búcaro (*Erythrina fusca*) y el manteco (*Laetia americana*).

### **Sistemas silvopastoriles con uso de la sucesión vegetal dirigida**

En la mayoría de las condiciones del trópico americano, es evidente la tendencia de la vegetación natural a buscar estructuras boscosas. De manera antagónica el manejo tradicional y moderno de la ganadería trata de eliminar la sucesión vegetal de las praderas mediante la quema, los medios físicos y los herbicidas. Esta paradoja ha sido señalada Skerman y Rivero citados por Benavides J. (1994).

Pero entre los dos extremos en que se resumen los conflictos de uso de la tierra entre ganaderos y ambientalistas; potreros sin árboles por un lado y terrenos para recuperación de la cobertura vegetal natural sin animales por otro, existen puntos intermedios. El manejo de la sucesión vegetal dirigida es una forma de encontrar un camino en la mitad de estos extremos (Jordán y col., 2002).

Al igual que en otras regiones de América tropical, en Colombia existen crecientes ejemplos empíricos de uso ganadero de esta estrategia, sin duda la reforestación más económica, en los últimos años se incrementaron también las investigaciones en este tema, el manejo de la sucesión vegetal en áreas pastoriles se hace mediante la abolición de formas indiscriminadas de eliminar las plantas que aparecen invadiendo (recuperando) las praderas como quemadas, deshieras mecánicas y aplicación generalizada de herbicidas. La vegetación y los animales hacen el resto en una primera etapa que puede durar entre tres y seis años dependiendo de la región. Varias especies son diseminadas por el ganado después de ser consumidas. Después se realizan podas selectivas y entresacas de madera hasta conformar de dos a tres estratos de vegetación compatibles con los pastos (Padilla, 1998).

Además de la reducción de costos de mantenimiento y fertilizantes, el ganadero obtiene productos como postes, madera, varas delgadas, leña; el ganado consume frutos y follajes; el suelo atenúa el impacto del pisoteo, reduce la erosión y la fauna silvestre encuentra nuevas oportunidades para su multiplicación (Jerez y col., 1999).

## Nuevos sistemas para ganadería intensiva y otras especies animales

### Silvopastoriles de alta densidad arbórea

Existe un interés creciente en muchas zonas de Colombia por buscar la intensificación de la ganadería para incrementar la renta de las tierras de esta actividad en vista de los sucesivos retrocesos de la agricultura intensiva. Durante mucho tiempo los esfuerzos de investigación y transferencia se dedicaron casi con exclusividad a las gramíneas mejoradas y sus mezclas con leguminosas rastreras. En sectores más privilegiados por sus mejores suelos y distribución de la precipitación pluvial o por el riego artificial, se trabaja con pastos mejorados en rotación intensiva y alta fertilización química u orgánica. En el caso de la primera se han presentado problemas de intoxicación por nitritos y las dos prácticas de fertilización son objeto de nuevas reglamentaciones ambientales que buscan evitar la contaminación del agua. Para esto las autoridades ambientales han seguido el modelo de fijar impuestos a la contaminación a través de las denominadas tasas retributivas que ya tienen legislación vigente en el país (Maldonado Jorge 1998, Cortés Alirio 1998).

En la región cafetera central afectada por la crisis de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y los bajos precios internacionales, varios miles de hectáreas de fértiles suelos derivados de cenizas volcánicas se transformaron en pastizales intensivos con sistemas ganaderos basados en altas cargas animales (10-15 animales/ha) y elevada fertilización química. Lamentablemente se evidencian en tan solo tres o cuatro años serios deterioros físicos como compactación, reducción de la conductividad hidráulica, daño en la estabilidad de los agregados del suelo; también imbalances químicos (excesos de potasio frente al magnesio y calcio) y pérdida de la actividad biológica del (Sadeghian y col 1998).

La necesidad de multiplicar otras formas de intensificar la ganadería por vías más naturales es urgente. Los sistemas silvopastoriles intensivos son una solución con posibilidad de integrarse sin dificultades a esquemas de manejo más eficientes como la rotación con uso de la cerca eléctrica, cargas elevadas y suplementación con subproductos y sistemas de corte y acarreo de caña de azúcar, pastos de corte, arbustos forrajeros (Hahen, 1998).

\* La *Leucaena leucocephala* por su calidad nutricional, fijación de nitrógeno, crecimiento, tolerancia a la sequía, adaptación al ramoneo es la especie utilizada con mayor éxito en sistemas silvopastoriles intensivos en las regiones tropicales y subtropicales (Shelton, M 1996). Al igual que en otros países de América como Cuba (Ruíz y col 1996) y Venezuela (Clavero T 1998). En Colombia esta especie se está utilizando en forma creciente en sistemas silvopastoriles. Gracias a la existencia del banco de germoplasma de *L leucocephala* de CIAT se han realizado trabajos de adaptación de ecotipos a zonas de laderas en la región cafetera con resultados alentadores y persistentes en producción de leche y crecimiento de animales (Cardona M y Suárez S 1996).

## **Uso de *Leucaena leucocephala* como recurso forrajero en fincas doble propósito del estado Trujillo, Venezuela**

La importancia de los forrajes en la alimentación de bovinos se destaca con el simple hecho de que se refiere a un herbívoro con un sistema digestivo bastante especializado para el aprovechamiento del tejido vegetal (Ventura, 2000). El recurso pastizal es considerado fundamental para la alimentación del rebaño; por ello los productores ponen en práctica algunas estrategias básicas para el manejo de los potreros (Osechas y col., 2006). Bajo el enfoque de la agricultura forrajera sustentable, las estrategias a tomar en consideración son aquellas actividades que el ganadero realiza para aumentar la producción y calidad de la biomasa forrajera, dentro de las cuales se incluyen el uso de fertilizantes, el control de malezas y las asociaciones de gramíneas con leguminosas forrajeras (Mancilla y Valbuena, 2002, citados por Osechas y col., 2006).

Los bajos niveles de producción animal en áreas del trópico usualmente están asociados con baja concentración de nitrógeno y baja digestibilidad de los pastos tropicales; existe la necesidad de usar especies forrajeras, especialmente leguminosas, las cuales pueden ser introducidas en estas pasturas para mejorar la calidad y la producción de materia seca (Valarini y Posenti, 2006). Con su característica asociada a la incorporación de nitrógeno al suelo, desde hace mucho tiempo, las leguminosas han sido consideradas de gran ayuda para contribuir a la producción animal; sin embargo, a pesar de la creencia general de que la adopción de esta técnica ha sido menor que lo esperado, se han presentado numerosos ejemplos de éxito relacionados con el uso de las leguminosas forrajeras (Shelton y col., 2005). Clements (2006) menciona que en el año 2005 fueron sembradas 5 millones de hectáreas de leguminosas forrajeras y dos tercios de esa área se ubican en países en desarrollo, y al menos 500.000 ganaderos se beneficiaron de esta tecnología; las especies más comunes fueron: *Stylosanthes*, *Vigna unguiculata*, *Pueraria phaseoloides* y *Leucaena leucocephala*; de esta última cerca de 170.00 ha. El establecimiento de leucaena en los sistemas de producción agropecuarios tropicales mejora las condiciones químicas de los suelos, constituyéndose una alternativa en suelos deficientes en nutrientes (Raza y Clavero, 2006).

Urbano y col. (2002) mencionan trabajos con leucaena en el sur del lago de Maracaibo y destacan que las asociaciones gramíneas y leguminosas arbóreas son determinantes en el incremento de la producción y por ende de gran impacto en los resultados económicos de una explotación. Rodríguez y Valero (2002) describen varias experiencias acerca del uso de la leucaena en fincas del estado Trujillo, tanto en forma de asociación en potreros como en el uso de la harina de hojas en raciones para animales. Ibrahim y col. (2007) mencionan experiencias en Cuba y Colombia relacionadas con el uso de Leucaena en programas silvopastoriles, asociada con gramíneas, en ganadería doble propósito.

Los sistemas de producción bovina doble propósito representan un importante aporte en la economía de Venezuela (Razz y Clavero, 2006). En el caso del estado Trujillo, la producción ganadera contribuye de manera determinante en el soporte de la economía, pues las fincas doble propósito, producen carne y leche que sirven de insumos para las industrias de esa región, las cuales crean fuentes de trabajo para sus habitantes; en estos predios plantas forrajeras constituyen la base fundamental para la alimentación animal. Los productores aceptan que los recursos forrajeros deben ocupar un lugar destacable para lograr una producción ganadera eficiente, que garantice una actividad que pueda sustentarse a mediano plazo y aseguren los recursos alimenticios básicos para el rebaño (Osechas, 2002).

### **Valor biológico**

Las leguminosas poseen valores biológicos más elevados que las gramíneas, brindan nitrógeno al suelo mediante fijación simbiótica, aportan materia orgánica, lo protegen de la erosión y mejoran sus propiedades físicas (López, 1980).

El uso de la leucaena en la producción animal, ha tenido un desarrollo exitoso en la ganadería, logrando aumentar la carga animal, la producción de carne y el ahorro de suplementos proteicos (Castillo 1992; Días y González 1995 y Fonseca 1999).

### **Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento**

Actualmente, *Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit) constituye la especie más utilizada y estudiada en las condiciones tropicales como fuente alternativa para la alimentación animal en sistemas silvopastoriles (Toral, 2005). Esta leguminosa, entre otras arbóreas, se destaca por presentar una amplia distribución geográfica, rápida adaptación a condiciones contrastantes de clima y suelo y elevada calidad de su biomasa. Sin embargo, existen otras especies con características similares que no han sido evaluadas en igualdad de condiciones experimentales, subestimándose así su potencial para los sistemas agroforestales en el trópico.

En este sentido, en la última década, *Moringa oleifera* (Lam.) se ha destacado dentro de un grupo de árboles no leguminosos, como una planta promisoriosa para los sistemas de corte y acarreo, de pastoreo/ramoneo, así como en la formación de barreras rompe vientos y cercas vivas (Folk-Ard y Sutherland, 1996). Entre sus características agronómicas se encuentran su rápido crecimiento en el establecimiento (2 m a los 8 meses), elevada resistencia a la sequía, favorable respuesta en suelos ácidos y alcalinos, elevada producción de biomasa (300 g MS/planta/corte), excelente valor nutritivo (PB: 17%; DIVMS: 85%) y palatabilidad (Moroto y col., 2000).



## **Las leguminosas forrajeras árbol en Agricultura Tropical**

Los árboles y arbustos han proporcionado valiosa de forraje para los animales herbívoros del hombre probablemente desde el momento de su domesticación (Robinson 1985). Al menos el 75% de los arbustos y árboles de África sirven como plantas de exploración y muchos de ellos son leguminosas (Skerman 1977).

La importancia global de hojear se resume en la declaración de la Commonwealth Agricultural Bureaux (1947) 'más animales se alimentan de arbustos y árboles o en asociaciones en las que los arbustos y árboles juegan un papel importante que en los pastizales verdaderos'. McKell (1980) señaló que los arbustos y árboles son las formas de las plantas más visibles en muchos paisajes, sin embargo, se han descuidado en la mayoría de la investigación científica, mucho esfuerzo de investigación se ha centrado en los métodos para su erradicación. En algunos climas áridos y semiáridos, animales de granja no existiría sin las especies de ramoneo para suministrar alimentación.

## **Las leguminosas arbóreas como forraje para los animales**

Navegar se ha definido como las hojas, tallos y brotes tiernos, incluyendo las ramas y tallos de plantas leñosas, que se recortan en un grado variable por animales domésticos y salvajes. Se debe ampliarse para incluir las frutas, vainas y semillas que proporcionan alimentación valiosa, especialmente si el árbol es de hoja caduca.

Muchas especies de leguminosas de árboles han evolucionado en las regiones semiáridas junto a los animales herbívoros y por lo tanto han desarrollado medios de protección contra el pasto o el pastoreo. Entre los dispositivos de protección son espinas, toxinas, follaje fibrosa y altura de copa de los árboles (Brewbaker, 1986). Espinas caracterizan a muchas leguminosas leñosas y son particularmente frecuentes en las plantas juveniles. Las toxinas son de dos tipos generales, los que disuaden a la alimentación y las que envenenan el animal.

Simon (1996), menciona que la calidad nutricional de las leguminosas arbóreas varía de excelente (*Leucaena leucocephala*) a la mayoría de las especies de *Acacia* (australianos) bastante pobres. La mala calidad puede ser debido a los taninos que reducen la digestibilidad de tanto herbaje y proteínas. La presencia de taninos es a menudo evidente que, matices rojizos de color marrón en el crecimiento de juveniles (Sánchez, 1998), otra razón de la mala calidad es que algunas especies tienen filoides (de más amplios y aplanados peciolos de las hojas) en lugar del compuesto o pinnadas hojas bipinnadas, que son muy altos en fibra y por lo tanto de baja digestibilidad, por ejemplo, las acacias australianas.

## La función de hojas en sistemas de pastoreo naturales

Sadeghian (2011), estudio respecto al forraje de leguminosas arbóreas que se utiliza a menudo como un amortiguador para superar las carencias de alimentación que surgen de las fluctuaciones estacionales en la productividad de otras fuentes de alimentación. Por ejemplo, los pastos y otras hierbas pueden morir cuando capas superiores del suelo pierden su humedad, pero los árboles de raíces profundas aprovechan la humedad en profundidad y continúan creciendo. Durante la estación seca o en tiempos de sequía, los árboles proporcionan forraje verde rico en proteínas, minerales y vitaminas, mientras que la cobertura herbácea proporciona sólo mala calidad de la paja.

El uso de especies que ocurren naturalmente de exploración es un componente vital de los sistemas de producción ganadera en muchas regiones del mundo. En las sabanas del Sahel en África desde Senegal hasta Sudán, *Faidherbia albida* es una especie nativa de vaina que es extremadamente importante tanto en la provisión de forraje para el ganado y en la mejora de la fertilidad del suelo para los cultivos. Especies de *Prosopis* proporcionan forraje para las industrias de ovinos y bovinos de los áridos llanuras subtropicales de Brasil, Argentina, Uruguay y Chile *chilensis* del Norte. *Prosopis* contribuye ganado regulares alimentan en el noroeste de Argentina y el centro de Chile, mientras que *P. tamarugo*, natural de la meseta del norte de Chile, es el único árbol que sobrevive en las salinas áridas producen el único forraje disponible, madera y leña en esa región. En el suroeste de Queensland y el norte de Nueva Gales del Sur, mulga (*Acacia aneura*) ocurre de forma natural a menudo en masas mono específicas y se utiliza como reserva de la sequía para el pastoreo de ovejas (Pagiola y col., 2005).

En condiciones naturales, una gran parte del follaje de especies de árboles estará fuera del alcance de los animales de pastoreo de modo de utilización puede ser manipulado por el corte o poda para que esté disponible cuando sea necesario. A veces la caída de hojas natural a través de la senescencia es un importante componente del día a día de la dieta de algunos animales de pastoreo. En África, las cabras pueden vivir en la caída de las hojas de *acacia melliflora* (Dougall y Bogden 1958).

## Leguminosas arbóreas como forraje plantado en los sistemas de cultivo y de pastoreo

Así como de origen natural gradas, leguminosas arbóreas se plantan a menudo específicamente para forraje, tanto en los sistemas de pastoreo extensivo y en asociación con cultivos, en muchas de las zonas agrícolas más intensivas de Asia y África, donde el ganado se crían en pequeñas cantidades por los pequeños agricultores, las leguminosas arbóreas se plantan como los bancos de forraje 'en terrenos no utilizados a lo largo de las fronteras de campo o líneas de la cerca, en muros de contención arrozales o en el hogar jardines. Estas áreas se cosechan generalmente bajo un sistema de "corte y acarreo" y son la principal fuente de forraje de alta calidad que se utiliza para suplementar forrajes de baja calidad, tales como residuos de cosechas. La productividad de estas áreas puede ser bastante alto. En la región de Batangas de Filipinas, un área de 2 hectáreas de *Leucaena*

*leucocephala* cultivada en asociación con el árbol frutal *Anona squamosa* era capaz de suministrar los requerimientos de forraje de 20 bovinos en crecimiento durante un período de 6 meses (Moog 1985). En Ibadan, en Nigeria, Reynolds y Atta-Krah (1986) sugirió que el excedente de follaje produjo más de un año a partir de 1 ha de *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* plantado a los 4 m intervalos en un sistema de cultivo en callejones podría ser utilizado como un suplemento para proporcionar la mitad los requisitos de forraje al día durante 29 cabras.

En muchas de estas áreas de cultivo intensivo, los árboles se plantan legumbres no sólo por su forraje, sino también para leña, abono verde y otros usos, en las más extensas áreas de pastoreo de Australia, el sur de África y América del Sur, leguminosas arbóreas cada vez se están plantando en asociación con pastos mejorados para aumentar la capacidad de carga y la productividad del ganado de pastoreo. En el centro de Queensland, más de 20.000 hectáreas han sido sembradas con *Leucaena leucocephala* en los últimos 10 años. La leucaena se siembra en hileras de ancho espaciados 4-10 m de distancia y un pasto mejorado, como el pánico verde (*Panicum maximum* var. *Trichoglume*), pasto Rhodes (*Chloris gayana*), hierba de amortiguación (*Cenchrus ciliaris*) o la hierba de la señal (*Brachiaria decumbens*) sembrado entre las filas de leucaena. Una carga alta (hasta 3-4 animales / ha) y la ganancia de peso (hasta 1 kg / cabeza / día) se pueden alcanzar con este sistema. Una ganancia de peso vivo récord de 1.442 kg / ha para el pastoreo de ganado una pastura de gramíneas / leguminosas se logró en una mezcla de hierba leucaena / pangóla de regadío en el distrito de Río Ord en el noroeste de Australia (Jones 1986).

Otras especies de leguminosas de árboles que están siendo investigados para su uso en sistemas de pastoreo extensivo incluyen *calothyrsus Calliandra*, *Albizia chinensis*, *Cajanus cajan*, madero negro y *Sesbania sesban*.

## **Las leguminosas arbóreas y el Medio Ambiente**

### **La degradación de los sistemas naturales**

Ocampo y col. (2011), hace ver que por desgracia, debido en gran parte a la sobreexplotación de las personas y animales de granja, árbol valioso y recursos de arbustos en vastas áreas en las regiones áridas y semiáridas han sido destruidos en las últimas décadas. En estas áreas, es importante que las prácticas de gestión que se adopten, que fomenten el uso racional de los recursos en disminución de árboles y arbustos. El acceso del ganado debe ser restringido, y la poda y cosecha de productos realizados de manera rotativa, para asegurar el tiempo de regeneración.

En algunos casos, la presencia de leguminosas arbóreas ha contribuido a la degradación del paisaje. Los animales pueden mantenerse mucho tiempo después de la pérdida de especies de gramíneas perennes de sabor agradable debido a la sequía o exceso de pastoreo, alimentando el follaje de las especies arbóreas resistentes, en donde en vastas

zonas del suroeste de Queensland y el este de África se han degradado de esta manera (Montagnini, 2011).

### **La rehabilitación de suelos y control de erosión**

La restauración y mantenimiento de la fertilidad del suelo es un problema ambiental básico y crítico (Naranjo y col., 2012), en el que es especialmente grave en las regiones tropicales y subtropicales, donde muchos suelos carecen de nutrientes de las plantas y la materia orgánica y las lluvias intensas erosionan el suelo superior vulnerables.

La capacidad de fijación de nitrógeno de las leguminosas arbóreas les permite crecer en sitios difíciles expuestas a la erosión, baja fertilidad u otras condiciones adversas del suelo, una vez que están establecidos, pueden crear condiciones favorables para el crecimiento de otras especies que conducen a un ecosistema equilibrada de las plantas, considérese el que las leguminosas arbustivas son una buena fuente de materia orgánica para abono verde, su follaje seco contiene 2,5-5,5% de N y la hoja de material incorporado en el suelo mejora la retención de la fertilidad, humedad y nutrientes y la sujeción en general, al mismo tiempo, mediante la mejora de la estructura del suelo, la erosión puede ser retardado (Murgueitio, 2013).

Los extensos sistemas de raíces de las leguminosas arbóreas les permiten adaptarse a las pendientes empinadas sitios inadecuados para el cultivo convencional o pastoreo por lo tanto la estabilización de los sitios de la erosión y proporcionar una medida de la producción que de otro modo no existiría. El Declive de Tecnología Agrícola de Tierras (SAL) desarrollado en Filipinas (Tacio y col., 1987) es un buen ejemplo de la utilización de leguminosas arbóreas para reducir sustancialmente la erosión del suelo y la restauración moderadamente degradadas tierras montañosas a un sistema de agricultura rentable.

### **Las leguminosas arbóreas para el Combustible**

Se ha estimado (Eckholm 1975) que al menos la mitad de la madera cortada en el mundo se utiliza como combustible para cocinar y para calefacción, donde aproximadamente 2 millones de personas obtienen al menos el 90% de sus necesidades de energía de madera y carbón vegetal mientras que un 1,5 mil millones se encuentran al menos el 50% de sus requerimientos de esta manera, este recurso esencial, sin embargo, se encuentra seriamente amenazada. Si el ritmo de plantación de árboles en todo el mundo no se acelera en gran medida, al menos 500 millones de personas carecerán de leña para sus necesidades mínimas de cocina y calefacción a finales de siglo.

Las leguminosas arbustivas ofrecen una solución parcial a la crisis de la leña. De las 88 especies recomendadas para la producción de leña por la Academia Nacional de Ciencias (1980, 1983), casi la mitad eran leguminosas arbóreas. Las leguminosas arbustivas también cumplen con muchas de las características que se consideran deseables en especies de leña, que incluyen:

- ✓ Rápido crecimiento, ☑ Capacidad de fijación de nitrógeno,
- ✓ Facilidad de establecimiento,

- ✓ Capacidad de monte bajo,
- ✓ Madera de alto valor calorífico,
- ✓ Madera que arde sin chispas o humo tóxico,
- ✓ Capacidad de crecer bien en una amplia gama de entornos incluyendo sitios difíciles,
- ✓ Polivalencia.

Las leguminosas arbustivas se han utilizado con éxito en los sistemas de producción de leña sostenidos. A principios de la década de 1920, en la zona Paliparan de Filipinas, *Leucaena leucocephala* fue plantado en una amplia zona de pastizales *Imperata cylindrica* improductiva. Desde entonces se ha producido un promedio de 20 m<sup>3</sup> de leña por hectárea por año y sigue siendo la principal fuente de energía para la ciudad de Laguna (NAS 1980) aunque el reciente y daños por el psílido leucaena han reducido la producción de madera.

Otras leguminosas arbóreas que son muy apreciados como combustible las especies incluyen *Auriculiformis Acacia saligna*, *A.*, *A. senegal*, *A. tortilis*, *calothyrsus Calliandra*, *siamea Cassia*, *Pithocellobium dulce* y *Prosopis* spp.

### **Leucaena leucocephala - el más utilizado forraje árbol Leguminosas**

#### **Usos**

*Leucaena leucocephala* tiene una amplia variedad de usos y fue esta multiplicidad de funciones que llevaron a la reputación mundial de la especie como un "árbol milagroso".

En primer lugar, las hojas de leucaena son muy nutritivos para los rumiantes y muchos excelentes datos de producción de los animales han sido publicados confirmando el valor de forraje de leucaena (Jose, 2012), en segundo lugar, Leucaena se pueden utilizar en sistemas de cultivo, en tiras del contorno de la leucaena se han utilizado durante muchos años en las Filipinas y en Timor y Flores, en Indonesia; las tiras sirven como control de la erosión en pendientes pronunciadas y como una forma de cultivo en callejones en los que el follaje de leucaena está acolchada en el suelo para mejorar los rendimientos de los cultivos entre hileras, en algunas islas del este de Indonesia, matorrales de leucaena se quemar con regularidad antes de plantar los cultivos en una forma avanzada de la agricultura de 'tala y quema'.

*Leucaena* es capaz de producir un gran volumen de una madera dura de mediano ligero para combustible (peso específico de 0,5-0,75) con baja humedad y con un alto poder calorífico, y hace un excelente carbón vegetal, que produce poca ceniza y el humo. También puede ser utilizado para suelos de parqué y muebles pequeños, así como para la pasta de papel. Postes de Leucaena son útiles para postes, puntales y marcos para diversos cultivos de escalada (Brewbaker y col., 1985). Las variedades con bajo contenido de siembra se utilizan para dar sombra para el cacao y el café y el apoyo a los escaladores

como la pimienta y la vainilla. Los tipos de siembra altas son una molestia en este sentido debido a la alta población de plántulas que germinan y compiten con el cultivo. Existe la posibilidad de producir híbridos triploides sin semillas mediante el cruce de especies diploides auto-incompatibles tales como *L. diversifolia* (2x) con especies tetraploides tales como *L. leucocephala* (Brewbaker y Sorensson, 1990).

Otros usos incluyen la producción de collares de semillas y el uso de las hojas jóvenes y semillas como las verduras para el consumo humano, vainas verdes jóvenes se pueden dividir abierto y las semillas inmaduras frescas comer crudas o cocidas, setos de leucaena son útiles como cortavientos y cortafuegos, este último debido a la supresión del crecimiento del sotobosque hierba (Gaviria y col., 2012).

Sólo pequeñas cantidades se pueden comer de esta manera debido a la presencia de semillas y el crecimiento de la joven mimosina aminoácido tóxico. *Leucaena leucocephala* ocasionalmente producir una goma similar a la goma árabe cuando está estresado por enfermedades o plagas de insectos. Cuando *L. leucocephala* se hibridó con *L. esculenta*, algunos árboles de segregación producen la goma en gran medida en la estación seca. Los híbridos sin semillas, tenía buen vigor y se psílido resistentes (Brewbaker y Sorensson 1990).

## **Clima y Suelo Adaptación**

### **Temperatura**

*Leucaena* es una especie tropical que requieren temperaturas cálidas temperaturas del día (C 25-30 °), para un crecimiento óptimo, en latitudes más altas y al elevado crecimiento latitudes tropicales se reduce, Brewbaker y col (1985) sugieren que se producen limitaciones de temperatura:

- Por encima de 1000 m de altitud dentro de los 10 ° C latitud del ecuador, y
- Encima de los 500 m de altitud dentro de la zona C latitud 10-25º.

*Leucaena* no es tolerante a las heladas, incluso ligeras que hacen que la hoja sea derramada (Isarasenee y col., 1984). Las fuertes heladas matarán a todos por encima del crecimiento del suelo, a pesar de las coronas sobrevivir y vuelven a crecer con fuerza en el verano siguiente con múltiples ramas. Hay un cierto margen para la cría de tolerancia a las heladas en bi- leucaena y tres vías híbridos de *L. leucocephala* con tolerante a las heladas *L. retusa* son prometedores (Brewbaker y Sorensson 1990). Kendall y col. (1989) sugiere que las poblaciones de *L. leucocephala* procedente de emplazamientos más elevados en el noreste de México mostró una mayor tolerancia a las heladas de los procedentes de los sitios de las tierras bajas. El crecimiento de *Leucaena* es fuertemente estacional en las regiones subtropicales con bajos rendimientos en los meses de frío y la mayoría del crecimiento se produce en los meses de verano (Cooksley y col., 1988). Por estas razones, las mejores oportunidades para el desarrollo de leucaenas fresco tolerantes se encuentran con la hibridación de *L. leucocephala* con *L. diversifolia* y *L. pallida*. Estas dos últimas especies se pueden encontrar en sitios elevados en México y la tolerancia por

el frío. Los híbridos de *L. diversifolia* (4x) x *L. leucocephala* un promedio de 4,5 m por aumento de la altura del año en un período de 2 años en Waimea, Hawai a 850 m de altitud y la temperatura anual de 17 ° C (Brewbaker y Sorensson 1990) significa.

### **Requisitos de precipitaciones y tolerancia a la sequía**

*Leucaena* se puede encontrar un buen rendimiento en una amplia gama de entornos de precipitación de 650 a 3000 mm. Sin embargo, los rendimientos son bajos en ambientes secos y se cree que aumentar linealmente de 800 a 1.500 mm, otros factores son iguales (Brewbaker y col., 1985). En Hawai, se ha naturalizado en la pista del diamante, que recibe sólo 300 mm al año en Australia el psílido leucaena es mucho menos perjudicial en las zonas más secas (600-800 mm al año) y esto es una ventaja importante para los ganaderos que cultivan la leucaena en subhúmedo Queensland (Chará, 2011).

*Leucaena* es muy resistente a la sequía, incluso durante el establecimiento. Las plántulas jóvenes han sobrevivido durante largos periodos de tiempo seco y los estudios de suelos y plantas han confirmado que exhibe leucaena mejores características de sequía que un número de otras leguminosas arbóreas (Swasdiphanich 1992). Leucaena es una especie de raíces profundas que pueden extenderse sus raíces 5 m para explotar el agua subterránea (Brewbaker y col. 1972). En suelos dúplex de poca profundidad, las raíces se han observado en rama y crecer lateralmente a tan sólo 30 cm de profundidad debido a una capa de arcilla impermeable.

*Leucaena* no es tolerante de suelos de mal drenaje, especialmente durante el crecimiento de plántulas, y la producción se puede reducir sustancialmente durante los períodos de anegamiento (Calle, 2012), sin embargo, una vez establecido que puede sobrevivir durante cortos períodos de exceso de humedad.

### **Productividad**

La productividad de materia seca de la leucaena varía con la fertilidad del suelo y la precipitación, así como los rendimientos de forraje comestibles varían de 3 a 30 t de materia seca / ha / año, suelos profundos y fértiles que reciben mayor de 1.500 mm de precipitaciones bien distribuidas producen las mayores cantidades de carne de calidad. Los rendimientos en las regiones subtropicales, donde las limitaciones de temperatura reducen las tasas de crecimiento, puede ser sólo 1,5-10 t de forraje comestible / ha / año (Brewbaker y col., 1985).

Los intervalos de corte o pastoreo más adecuados para promover altos rendimientos varían con factores ambientales. En general, los intervalos más largos entre la defoliación han aumentado el rendimiento total; Sin embargo, la proporción de madera no comestibles también puede aumentar dando lugar a una disminución de la calidad del

forraje. En los sitios muy productivos, intervalos de cosecha pueden ser de 6-8 semanas y hasta 12 semanas en localizaciones menos productivas, la altura de la cosecha tiene menos influencia en el rendimiento total de la frecuencia de la cosecha (Álvarez y Zuluaga, 2011).

También es adecuado el considerar que los abonos de mantenimiento rara vez se aplican a madurar gradas de leucaena a pesar de la deficiencia de nutrientes puede limitar el crecimiento. Stands de la leucaena en la Estación Experimental de Pastos Brian cerca de Gayndah 400 km al noroeste de Brisbane eran deficientes en azufre todavía persistido y se utilizaron con éxito para engordar novillos. Una indicación de la necesidad de la aplicación de fertilizantes puede obtenerse a partir de la composición química de las hojas jóvenes. Tabla 2.1.2 muestra valores de los nutrientes críticos en las hojas de índice de plántulas jóvenes y algunas concentraciones de nutrientes típicos en las hojas jóvenes de plantas de crecimiento vigoroso de leucaena. Las concentraciones sustancialmente más baja que estos valores pueden ser considerados como deficientes. Las fotografías en color de las deficiencias de nutrientes en la leucaena se muestran en Smith y *col.* (1992).

### **El manejo del pastoreo**

En Australia, se recomienda que el pastoreo intensivo regular de la leucaena no comienza hasta que las plantas son maduros y bien establecida. Esto puede tomar de 1-3 años dependiendo de las condiciones de cultivo. Sin embargo, el pastoreo luz puede ocurrir en el primer año cuando las plantas alcanzan 1,5 m de altura, especialmente si las heladas y la vida silvestre pueden dañar las plantas de leucaena durante el invierno. El pastoreo promueve ramificación, se traduce en un engrosamiento de protección de tallos principales y puede eliminar las flores y las vainas que reducen las tasas de crecimiento (Broom, 2012).

En relación al pastoreo regular de filas bien establecidas de leucaena lo que conduce al desarrollo de los setos bastante uniformes, con plantas o ramas más altas se rompen fácilmente y reducir de tamaño por los animales hambrientos (Martínez y *col.*, 2001). En Vanuatu y Papúa Nueva Guinea, el ganado pasta en los matorrales de leucaena que pueden ser de hasta 10 m de altura, donde el ganado pasta ramas inferiores y plántulas emergentes y la cubierta superior se mantiene como reserva de la sequía, pero la cantidad de material disponible para la leucaena pastura se reduce en este sistema de gestión, pero los potreros de Leucaena son normalmente pasteados en rotación con ganado trasladado a nuevas áreas cuando la mayoría hoja y tallo comestible se han retirado y antes de serios daños a la estructura de madera de las plantas se ha producido (Acosta, 2010), aquí existen también tasas de carga apropiadas varían mucho de menos del 1 bestia de 1,5 ha en ambientes de bajas precipitaciones (750 mm al año) hasta 6 animales / ha en gradas o bien regadas con riego fértiles.



## La producción animal

*Leucaena* es bien conocido por su alto valor nutritivo y por la similitud de su composición química con la de la alfalfa (Abreu, 2002). Sin embargo, el forraje de leucaena puede ser baja en sodio y yodo, pero es alta en contenido de taninos en las hojas y en especial los tallos de leucaena reducir la digestibilidad de la materia seca y proteína, sino que aumentan el valor de 'by-pass' de la proteína (Pathak y Roy, 1997).

Digestibilidad y los valores de ingesta de leucaena gama de 50 a 71% y de 58 a 85 g / kg de peso vivo 0,75 respectivamente (Jones 1979). Los valores más bajos fueron sugeridos por Jones (1979) a-ser asociado con los efectos de mimosina sobre la ingesta de cuando fueron alimentados con dietas puras de leucaena.

La producción animal en pasturas a base de leucaena es excelente. En el sureste de Queensland, ganado sobre las pasturas de leucaena / *Setaria* obtuvieron entre 310 y 430 kg de peso vivo / ha, aproximadamente el doble de la obtenida a partir siratro (*Macroptilium atropurpureum*) pasturas a base en el mismo entorno (Jones y Jones 1984). En ambientes de baja heladas, follaje de Leucaena puede ser heldover Para la entrada de la estación fresca o seca proporcionando valiosa alimentación alta en proteínas durante períodos de estrés para rumiantes en pastoreo. Bajo condiciones ideales de cultivo bajo riego en las llanuras aluviales fértiles del valle del río Ord, leucaena / pangóla (*Digitaria decumbens*) pastos producen ganancias de peso vivo anuales de 273 kg / cabeza o 1422 kg / ha en una carga de 6 novillos destetados / ha (Davison, 1987). En el centro de Queensland, en suelos arcillosos fértiles, ganado están ganando 300 kg de peso vivo por cabeza por año en pasturas de leucaena.

## Toxicidad

El follaje y las vainas de leucaena contienen el aminoácido mimosina tóxica que puede alcanzar el 12% de la materia seca en puntas de crecimiento, pero es menor en las hojas jóvenes (3-5% de materia seca) (Jones, 1979). Aunque es bastante tóxico para los animales no rumiantes, mimosina es degradado por los microbios en el rumen a DHP (3 hidroxí-4-(1H) piridona) un bociógeno, que normalmente se descompone aún más por los microorganismos del rumen a compuestos no tóxicos. Los microbios están presentes de forma natural en los rumiantes en Indonesia y Hawai y probablemente otros países del sudeste de Asia y el Pacífico, donde ha habido una larga historia de los animales rumiantes en pastoreo leucaena naturalizado (Shaw y col., 1999).

Sin embargo, en algunos países, en particular Australia, Papúa Nueva Guinea y los países quizá africanos, los microorganismos del rumen apropiados no estén presentes de forma natural que conduce a una acumulación de DHP que causa bocio (agrandamiento de la glándula tiroides) que se traduce en apatía, pérdida de apetito, el exceso de la producción de saliva, pérdida de cabello y la pérdida de peso. Sin embargo, este efecto sólo se produce si Leucaena constituye un porcentaje elevado de la dieta del animal (> 30%) durante un periodo prolongado. Los detalles del descubrimiento de los microorganismos

que descomponen el DHP por el Dr. R.J. Jones, de la División de CSIRO de Cultivos Tropicales y pastos se describen en Lowry (1987).

### **Plagas y enfermedades**

Hasta hace relativamente poco tiempo, había pocas plagas de leucaena a causa de las propiedades insecticidas del mimosina. Sin embargo, tras el rápido movimiento del psílido de la leucaena (*Heteropsylla cubana* hacia el oeste desde el Caribe a través del Pacífico en 1985/86, grandes áreas de leucaena previamente productiva en las Filipinas, Indonesia y Australia han sido afectadas. Los psílicos o piojos son pequeños saltando pulgón -como insectos adaptados a alimentarse de los brotes jóvenes en crecimiento de Leucaena, cuyas infestaciones leves causan distorsión de las hojas, mientras que las infestaciones severas como resultado la pérdida de hojas y el ataque de moldes secundarios que se alimentan de exudado pegajoso de psílicos. El psílido es nativa de América central. Bray y Woodroffe (1991) informaron que los psílicos reducen la producción de material comestible en un 52% y la del vástago de un 79% en el sureste de Queensland. Hay un cierto margen para el control biológico de *Iacoeuleus* escarabajo *Curinus*, la avispa parásita *Psyllaephagus* nr. *Rotundiformis* y de la resistencia en el género *Leucaena* (Anon y col., 1990).

El control más probable de los psílicos se producirá a través del desarrollo de híbridos resistentes psílicos. Leucaena híbrida fácilmente con la especie *L. pallida* y *L. diversifolia* ambos de los cuales contienen la resistencia psílido. Los programas de mejoramiento para desarrollar variedades híbridas de polinización abierta y F1 están muy avanzados (Brewbaker y Sorensson 1993). El rendimiento de estas líneas resistentes psílido es muy superior a la de *L.* susceptibles líneas *leucocephala* en ambientes de alta psílicos (Siebert y col., 2005) y que son interesantes perspectivas para el desarrollo futuro.

Una enfermedad grave de las plántulas en viveros leucaena es el damping-off en suelos húmedos provocados por la especie de hongo *Pythium* o *Rhizoctonia* spp. (Brewbaker y col. 1985), lo cual se puede controlar con buenas técnicas de vivero (exceso de agua promueve la enfermedad) y el uso de los medios de comunicación un suelo bien drenado, como lo es el uso de fungicidas tales como Benlate o Captan son también una opción.

### **Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical**

Sin embargo, la región tropical posee fuertes limitantes que impiden incrementar la productividad de los sistemas pecuarios, dentro de los cuales destacan: los serios problemas de alimentación animal (disponibilidad y calidad del forraje), aunado a la presencia de pasturas degradadas o en proceso de degradación (Szott y col., 2000).

Por todo ello, una de las estrategias para la recuperación y mejoramiento de los sistemas ganaderos es el establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP), los cuales constituyen

un tipo de agroforestería donde los árboles y/o arbustos interactúan con las forrajeras herbáceas y los animales (Mahecha, 2002; Karki y Goodman, 2010).

En los últimos años, la investigación en SSP ha asumido un papel importante debido a la necesidad de diseñar sistemas altamente productivos y armónicos con el ambiente. Ante dicha necesidad, se desarrollaron los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi); los cuales se caracterizan por la presencia de arbustos forrajeros, como *Leucaena leucocephala*, asociado con pastos mejorados en un sistema de pastoreo rotacional intensivo con cerca eléctrica y oferta de agua de abrevadero (Murgueitio y Solorio, 2008).

### **Problemática de la ganadería en el trópico**

En las regiones tropicales predominan los sistemas tradicionales de producción animal de doble propósito; éstos se caracterizan por ser principalmente de pastoreo extensivo con monocultivo de gramíneas, los cuales producen bajos rendimientos de forraje y son de deficiente calidad, sobre todo en la época de secas. Aunado a ello, dichos sistemas están asociados con problemas de deforestación, degradación del suelo, escasez del agua, alteraciones en el clima y baja productividad (Bellido y col., 2001; Quero y col., 2007).

A lo anterior se añade el hecho de que los sistemas ganaderos en monocultivo son los principales responsables en el cambio del uso del suelo (deforestación), y así contribuyen al 9% de las emisiones de dióxido de carbono (CO) que producen el efecto invernadero, asociado al cambio climático (Steinfeld y col., 2006). El CO<sub>2</sub> se libera, principalmente, cuando las áreas boscosas son convertidas en pastizales o en tierras cultivables para la producción de alimentos, incluyendo los granos para la elaboración de concentrados (Soussana, 2008).

La mayor limitante para este tipo de sistemas es la marcada estacionalidad en la producción y disponibilidad de las pasturas, además de una deficiente calidad nutricional en la época seca del año, lo cual no permite obtener niveles aceptables de producción de carne y leche, afectándose de igual manera los parámetros reproductivos (Lamela y col., 2005; Steinfeld y col., 2006).

En este sentido, para contribuir a reducir la deficiencia de la producción animal, con frecuencia se recurre a la compra de elevadas cantidades de granos y cereales para la elaboración de raciones; por lo cual, la actividad ganadera resulta altamente dependiente y poco rentable (Sadeghian y col., 1998; Shelton, 2004). Respecto del caso, en México la importación de granos y cereales se ha incrementado, pues principalmente se destina a la alimentación animal (Caballero, 2010).

Esta situación se agrava ante la evidencia, cada vez más fuerte, del agotamiento del petróleo durante los próximos 40 años. Este recurso es uno de los principales elementos empleados para la producción de granos y cereales utilizados en la alimentación animal (Chacón y Marchena, 2008).

## Los sistemas silvopastoriles como opción para la ganadería tropical

Los SSP están compuestos por gramíneas rastreras o erectas, árboles y arbustos leguminosos o no, y animales que se alimentan de los componentes forrajeros (Santana, 1998; Pezo y col., 2008).

Estos sistemas presentan una mayor productividad forrajera, por lo que mejoran la cantidad y calidad de la dieta animal (Yamamoto y col., 2007); lo anterior permite incrementar la producción de carne y leche, así como mejorar la reproducción en forma estable en el tiempo —con reducción de costos— al no requerir insumos como los granos, concentrados y antiparasitarios (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Pezo y col., 1999).

La inclusión de árboles en pasturas constituye una fuente importante de alimento (Musálem, 2002; Dagang y Nair, 2003); al respecto, Anguiano y col. (2012) mencionan que la inclusión de altas densidades es provechosa, ya que han encontrado que los mejores resultados en cuanto a la altura y número de hojas se obtienen con 60,000 y 80,000 árboles ha<sup>-1</sup> a los 100 días de edad, con 138.28 cm y 24.74, respectivamente.

De igual manera, los SSP brindan múltiples ser vicios ambientales, al capturar cantidades importantes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); al respecto, Torres y col. (2011) mencionan que un bosque tropical caducifolio en la región de Huatusco, Veracruz, es capaz de capturar hasta 469.79 t ha<sup>-1</sup>, siguiéndole el SSP con 62.58 t ha<sup>-1</sup> y el potrero convencional con 49.94 t ha<sup>-1</sup>. (Rentería y col., 2001).

El SSP, se caracterizó por tener árboles de huizache (*Acacia pennatula*) y de colorín (*Erythrina americana*), a una distancia de 10 m entre hileras y de 8 m entre plantas. El estrato herbáceo está cubierto en 90% por la mezcla de pasto nandi (*Setaria sphacelata*) y pasto señal (*Brachiaria decumbens*). El sistema convencional consistió en una comunidad vegetal dominada por pasto estrella África (Cruz, 1999).

Por su parte, Anguiano y col. (2013) señalan que con la siembra de 80,000 plantas de *L. leucocephala* Var. Cunningham ha<sup>-1</sup>, pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) y cocotero (*Cocos nucifera*), es posible capturar hasta 128.62 t C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, equivalente a 2.44 veces más, con respecto de aquella donde sólo se asocia el cocotero con la gramínea. Los SSP con *L. leucocephala*, al proveer múltiples beneficios, son una opción importante para mejorar las condiciones del suelo en muchas zonas ganaderas del trópico; ya que tienen un potencial de fijación de nitrógeno atmosférico de 52 y 320 kg ha<sup>-1</sup>, dependiendo de la variedad, densidad y condiciones ambientales (Lozano y col., 2006; Yamamoto y col., 2007).

Debido a la importancia de estos sistemas, se ha impulsado el diseño de nuevas modalidades para su aplicación en la ganadería tropical. Ante ello, se desarrollaron los SSPi con *L. leucocephala*, el cual permite incrementar de manera considerable la

productividad y la carga animal, así como la generación de servicios ambientales que resultan de la presencia de altas densidades en esta leguminosa (Murgueitio y Solorio, 2008).

### **Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala***

Se pueden asociar, o no, con árboles maderables, frutales y leguminosas rastreras; *L. leucocephala* por su calidad nutricional, fijación de nitrógeno (N) atmosférico, crecimiento, tolerancia a la sequía y adaptación al ramoneo, ya que resulta una de las especies utilizada con mayor éxito (Shelton, 1996; Murgueitio y Solorio, 2008).

La utilización del cercado eléctrico (principalmente de la variante móvil) en estos sistemas permite el mayor aprovechamiento de las especies disponibles, pastoreo y distribución de heces y orina más uniforme, desarrollo de rebrotes más densos con mayor proporción de hojas y menor contenido de fibra (Cruz, 1996; Senra y col., 2005).

El modelo rotacional intensivo permite pastorear un área determinada en un periodo de tiempo relativamente corto, antes que los animales sean cambiados a una nueva área; involucra el uso de periodos cortos de pastoreo intensivo con periodos largos de descanso donde el sistema se recupera (SAGARPA, 2007).

Con relación a las altas densidades de árboles, éstos permiten obtener múltiples beneficios; tales como: el ahorro de fertilizantes nitrogenados, mayor duración de las pasturas, mejor retención hídrica en el suelo, disminución del efecto desecante de los vientos y reducción del estrés calórico en los animales. Además, se alcanzan altos rendimientos de biomasa que permiten mayor carga animal y un incremento en la ingesta de proteína que mejora la producción y calidad de leche y carne

En el caso de México, se realizó un estudio en el trópico seco de Michoacán, en tres ranchos de producción ganadera de doble propósito —dos con *Panicum maximum* cv. Tanzania, asociado con *L. leucocephala* cv. Cunningham (densidad de 34,500 y 53,000 plantas ha<sup>-1</sup>) y uno con sistema tradicional de *C. plectostachyus* en monocultivo—, donde encontraron una mayor oferta de forraje comestible en la asociación, con un promedio de 2,470 y 2,693 kg MS ha<sup>-1</sup> pastoreo<sup>-1</sup> en la época de seca de marzo-mayo (Cruz y col., 2003).

El periodo de ocupación y descanso es de 3 y 45 días, respectivamente, realizándose dos pastoreos en época seca. En el sistema tradicional, la oferta fue de 948 kg MS ha<sup>-1</sup> pastoreo<sup>-1</sup>. En ambos sistemas se aplicó riego por gravedad cada 15 días, sin fertilización para el sistema asociado y aplicando abono orgánico con base en bovinas para el monocultivo (Bacab y Solorio, 2011).

Un aspecto a resaltar en el estudio anterior es que en la época de secas *L. leucocephala* aporta una considerable oferta de forraje; ante ello, la incorporación de esta leguminosa

constituye una fuente importante de alimentación animal, sobre todo en la época con menor disponibilidad de pastos (Shelton, 1996).

En Australia, se ha utilizado la leguminosa *L. leucocephala* asociada a pasturas de *Cenchrus ciliaris*, los cuales han resultado altamente productivos y rentables. Con esta asociación se alcanzó una ganancia diaria de peso de 250-280 kg animal-1 año-1, equivalente a 165-185 kg hectárea-1 año-1, comparado con la pastura en monocultivo; con la cual se obtuvo una ganancia diaria de peso de 80-100 kg animal-1 año-1, equivalente a 8-10 kg/ha/año (Shelton, 2004).

### **Nitrógeno, Fósforo y Potencial de Hidrógeno del suelo en sistemas silvopastoriles de *Leucaena leucocephala***

El apacentamiento de la ganadería en zonas no aptas resulta ser un factor que contribuye al fenómeno de degradación de las áreas dedicadas a la ganadería. (Sepúlveda e Ibrahim, 2009).

En México, la degradación por la actividad ganadera alcanza 17.5% de la superficie nacional (SEMARNAT, 2008). Sin embargo, el proceso de degradación de los suelos podría revertirse en parte a través de la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP), ya que se tienen evidencias de que la adición de hojarasca, raíces y tallos incrementa los niveles de materia orgánica (Young, 1989), y estos aportes en la superficie y en el subsuelo pueden modificar algunas propiedades químicas del suelo (Prause y Gallardo, 2000).

No obstante, Vázquez (2010), al investigar en sistemas silvopastoriles de un año de establecidos, no encontró cambios químicos en el suelo, lo cual sugiere realizar estudios en sistemas con más tiempo de establecimiento (Vázquez, 2010).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Originaria de Centroamérica la *Leucaena* se encuentra distribuida en varios países tropicales del viejo y nuevo mundo, donde es utilizada para diversos fines destacándose en la alimentación animal, como madera, para la conservación de suelos y otros. Esta especie presenta una alta capacidad de adaptación a las más diversas condiciones de suelo y clima, aunque no resiste el encharcamiento por períodos prolongados.

Su valor como planta pratense o forrajera está dado por el alto valor nutritivo que presentan sus hojas, las cuales contienen entre 19-30% de PB, y valores altos de TND (54-70%), P, Ca y caroteno; los altos rendimientos de material comestible (hojas y tallos tiernos) que por lo general sobrepasan las 10 t MS/ha y que en las variedades más sobresalientes y empleando buenas técnicas de explotación pueden llegar a 20 t MS/ha/año, y la persistencia de su productividad cuando es sometida a altas cargas.

Una de las desventajas que presenta la *Leucaena* para una utilización más intensiva de su potencial es el alto contenido de mimosina (3-5%), lo que hace que los animales se intoxiquen cuando esta leguminosa representa más del 50% de la dieta, presentando éstas, pérdidas de peso excesiva salivación, pérdida de pelo y bocio; sin embargo estos síntomas no se presentan cuando la *Leucaena* representa menos del 30% de la dieta. Actualmente se conducen trabajos de mejoramiento genético con el fin de obtener variedades con bajo contenido en mimosina y altas producciones, en Australia, con resultados muy promisorios.

Su establecimiento es lento sobre todo en los primeros 4 meses, por lo que se recomienda emplear algún cultivo o herbicidas pre emergente en esta fase. Para obtener una buena germinación se recomienda escarificar, inocularla con razas específicas de *rhizobium* y peletizar las semillas, principalmente con roca fosfórica.

Los métodos de siembra son variados, pero por lo general se hacen en surcos distanciados dos o tres metros entre sí, esparciendo la semilla a chorrillo a no más de 3 cm de profundidad para obtener densidades de 1 200-3 000 plantas/ha.

Su mayor utilización en la alimentación animal ha sido en la producción bovina de carne. En este tipo de producción, los sistemas diseñados para que la *Leucaena* forme la mayor parte del alimento han tenido poco éxito debido a los problemas de intoxicaciones que se han producido, pero en los mismos se ha evidenciado el potencial de producción que es capaz de dar esta leguminosa (0,90 kg ganancia/animal/día), así como las altas cargas (5,7 animales/ha) que puede soportar sin afectar su productividad.

En los sistemas donde la *Leucaena* ocupa un 20-33% del pastizal, ya sea asociada con el pasto o sembrada en bloques, se han obtenido buenos resultados, siendo superiores a los sistemas de gramíneas puras, ya sean naturales o cultivadas. En los sistemas donde se ha utilizado asociada con pastos cultivados se han obtenido ganancias entre 0,7-0,3 kg/animal/día para variaciones de carga entre 2-6 novillas/ha, mientras que en los sistemas en bloques las ganancias han variado entre 0,4-0,6 kg/animal/día, aunque

en este caso se utilizaron cargas menores (0,82-1,5 novillas/ha) a causa principalmente de la baja calidad del pasto base.

En la producción de leche existen pocos trabajos que por la complejidad de los mismos no permiten dar conclusiones de los posibles niveles de producción y uso con esta leguminosa.

Debido a que es una planta arbustiva requiere que anualmente en una o dos ocasiones se pode, para no permitir que se convierta en un árbol de difícil manejo, sobre todo cuando no se pasta correctamente.

Obviamente, la *Leucaena* presenta características que permiten incorporarla a los sistemas actuales de explotación, sin embargo el desarrollo de todo el potencial que esta especie puede brindarnos está en manos de los genetistas y los manejadores del pasto

En Colombia, al igual que en casi todos los países de América tropical, convergen los tres grandes sistemas de producción pecuaria identificados a escala global (*De Haan et al 1997*): pastoreo, sistemas industriales intensivos (aves, cerdos) y mixtos (agricultura - ganadería - otros). Sus ventajas y problemas están presentes en los tres, pero debido al área que ocupa y a las prioridades globales sobre la diversidad biológica y el cambio climático, los sistemas de pastoreo son los que hay que reconvertir con mayor urgencia. De los sistemas agroforestales para la producción pecuaria, los que requieren mayor atención son los que se basan en la sucesión vegetal y los nuevos sistemas intensivos silvopastoriles y de corte y acarreo. Los primeros porque son los más económicos de establecer y pueden coexistir con la ganadería dominante de baja inversión y productividad y los segundos porque son los que mayores ventajas socio económico y ambiental generan.

En el marco de la búsqueda de herramientas políticas y financieras novedosas que pretenden generar una nueva producción animal como respuesta a las exigencias de la comunidad internacional (*De Haan et al 1997, 1998*) es importante recalcar que algunos de los sistemas mencionados en este trabajo han pasado la prueba del tiempo y de los propios ganaderos y campesinos. Lo que hace falta es una expansión masiva en donde existan situaciones biofísicas y sociales asimilables. Por eso es necesario influir en las políticas agropecuarias y ambientales que siguen sin coordinación, porque mientras las primeras no promueven las oportunidades de la agroforestería las segundas castigan el impacto ambiental pecuario sin ofrecer alternativas.

En el caso nacional es obvio que los sistemas agroforestales pecuarios deben estar en una agenda más amplia que incluya la democratización de la tenencia de la tierra, el desmonte de los esquemas que perpetúan el negocio especulativo sobre este recurso (*Heath, J y H Binswanger 1995*), la conservación de la biodiversidad dentro de procesos de ordenamiento territorial participativo y la negociación política de la paz. Pero será muy difícil alcanzar cualquiera de estas metas si no se impulsa de manera decidida la multiplicación de estas formas intermedias de producción.

La articulación de proyectos regionales piloto con investigación aplicada en predios de ganaderos y campesinos con nuevos instrumentos de incentivo como el pago de tasas de captación de CO<sub>2</sub> dirigidas al establecimiento de silvopastoriles, reducción de impuestos



por corredores biológicos y pago por servicios de liberación de áreas ganaderas para recuperación ambiental y conservación de la biodiversidad, deben ser parte de la gestión presente y futura de empresarios, campesinos, instituciones y agencias de cooperación internacional. Para nuestra fortuna hay trabajo para muchos años.

## Literatura Citada

- Abreu, MHS. Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. Thesis PhD. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2002.
- Acosta, A. Cambio climático y desarrollo pecuario: desafíos institucionales para el desarrollo sostenible de sistemas silvopastoriles en Centroamérica. En: Ibrahim M, Murgueitio E, editores. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible, Panamá. CATIE: Turrialba, Costa Rica. 160 p. Serie técnica No.15. 2010.
- Álvarez R, y Zuluaga AF. Incentivo a la Capitalización Rural-ICR. Incentivo a la Asistencia Técnica - IAT. En: Chará J, Murgueitio E, Zuluaga AF, Giraldo C, editores. Ganadería Colombiana Sostenible. Fundación CIPAV: Cali; 2011.158 p.
- Andrew, C.S. & Hutton, E.M. 1974. Effect of pH and calcium on the growth of tropical pasture legume. Proc. of the XII Int. Grassld. 21
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46: 103-107. Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (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 Agropecuaria* 17: 149-160.
- Anon 1995. The smallholder dimension of livestock development. A review of Bank Experience. Ed. Banco Mundial. Rept. No 3979 Vol 1. Washington, D.C
- Anon. 1976. *Leucaena leucocephala* for cattle grazing. CSIRO. Jubilee Information Sheet
- Anon. 1977. *Leucaena*. Promising Forage and tree crop for the tropics. National Academy of Sciences
- Argel, P y Lascano C y 1998. *Cratylia argentea*: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Arias C Abelino 1998. Tasas retributivas para el control de la contaminación del agua en Colombia. En: Maldonado Jorge H. 1998. Tasas retributivas para el control de la contaminación del agua en Colombia. En: Contaminación y reciclaje en la producción porcina. Aspectos legales, técnicos y económicos. Fundación Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV - Asociación colombiana de porcicultores - Fondo nacional de la porcicultura. Cali - Colombia, pp 27-33.
- Asociación Colombiana de Bufalistas 1998. Manual para criadores de Búfalos. Asociación Primera edición. 56p.
- Bacab, H. M. y Solorio, F. J. (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.

- Bacab, H. M.; Solorio, F. J. y Solorio, S. B. (2012). Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16: 65-77.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J. M.; Somarraba, E. y Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10: 80-87.
- Bejarano, J A 1988 Efectos de la violencia en la producción agropecuaria. *Coyuntura económica*, Bogotá, Vol. 18, No. 3.
- Bellido, M. M.; Escribano, S. M.; Mesías, D. F.; Rodríguez de Ledesma, V. A. y Pulido, G. F. (2001). Sistemas extensivos de producción animal. *Archivo Zootécnico* 50: 465-489.
- Benavides Jorge 1994. La investigación en árboles forrajeros. En: Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. / Com. Y ed.: Jorge Benavides. Turrialba Costa Rica. CATIE Programa de Agricultura Sostenible Vol 1, 420 p.
- Benavides Jorge 1998. Utilización de la morera (*Morus sp*) en sistemas de producción animal. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Bindon, B.M. & Almond, D.R. 1966. Examination of tropical legumes for deleterious effects on animal reproduction. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 6, 109
- Blunt, C.G. 1976. Preliminary cattle grazing trials on irrigated *Leucaena leucocephala* and Pangola grass in the Ord River Valley N.W. Australia *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 11, 10 p.
- Blunt, C.G.; Raymond, J. & Jones, R.J. 1977. Steer live weight gains in relation to the proportion of time on *Leucaena leucocephala* pastures. *Tropical Grasslands*. 11:159
- Bonilla J G, Murillo M A, Duarte J y Libreros H F. 1996. Características nutricionales del papayuelo *Cnidocolus aconitifolius* L. M. Johnston. En la zona cálida (bs-T y bms-T) de Armero - Guayabal (Tolima) - Colombia. En: *Sistemas Silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva*. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 113-120.
- Botero R y Russo R 1998. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica
- Brewbaker, J.L. 1978. Guide to the systematics of the genus *Leucaena* (Mimosaceae) visiting Scientist. CIAT. Colombia. 1
- Brewbaker, JL (1986) árboles y arbustos de leguminosas para el sudeste de Asia y el Pacífico Sur. En: Blair, GJ, Marfil, DA y Evans, TR (eds), *forrajes en el sudeste de Asia y el Pacífico Sur Agricultura* Actas taller internacional llevan a cabo en Cisarua, Indonesia. ACIAR Proceedings Series No. 12, Canberra, pp. 43-50.
- Broom, DM. Defining agricultural animal welfare: from a sustainability and product quality viewpoint. En: Bazer FW, Rollin BE, editors. *Animal Welfare in Animal Agriculture*, 84-91, WG Pond, CRC Press: Boca Raton FL, USA, 2012.

- Burley J y Speedy A 1998. Investigación agroforestal, perspectivas globales. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Calle Zoraida 1999. Arboloco (*Montanoa quadrangularis*)
- Caballero, M. (2010). *Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SA- GARPA). México. 256 pp.
- Calle Z, Murgueitio E, Chará J. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva* 239, Vol.63, 2012; 1: 31-40. FAO, Rome, Italy.
- Camero, A. 1996. Desarrollo de sistemas silvopastoriles y sus perspectivas en la producción de carne y leche en el trópico. En: Silvopastoreo. Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería. Memorias de Seminarios Internacionales sobre Sistemas Silvopastoriles. Corpoica, Colombia. p. 14
- Cárdenas D y López R C. 2008. Palmas de la Amazonia colombiana. Una aproximación a su densidad y potencialidades. En: Taller de Colombia sobre palmas amazónicas. Corpoica, Ministerio del Medio Ambiente, Colciencias, OIMT, Cenipalma, Universidad Tecnológica del Chocó, Sinchi. Florencia, Caquetá, pp 51-59.
- Cardona M C y Suárez S 1996. La *Leucaena leucocephala* en bancos de proteína y asociada a gramíneas. En: *Sistemas Silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva*. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 58-72.
- Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV 1999. Tour of decision makers in integrated agroforestry systems for animal production. Cali, Colombia. Unpublished.
- Chacón, E. y Marchena, H. (2008). Tecnologías alimentarias apropiadas para la producción con bovinos a pastoreo. En: González, S. C.; Madrid, B. C.; Soto, B.E. (Eds.). *Desarrollo sostenible en la ganadería de doble propósito*. Fundación Girar. Ediciones Astro Data. Venezuela. pp. 435-453.
- Chará J, Murgueitio E, Zuluaga A, Giraldo C. Ganadería Colombiana Sostenible. Main streaming Biodiversity in Sustainable Cattle Ranching. Fundación CIPAV; 2011.158p.
- Chará, J.; Solarte, A.; Giraldo, C.; Zuluaga, A.; Murgueitio, E.; Walschburger, T. y León, J. (2009). *Evaluación ambiental del proyecto de ganadería colombiana sostenible*. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV. Colombia. 78 pp.
- Clavero Tyrone 1998. *Leucaena leucocephala*. Alternativa para la alimentación animal. Fundación Polar, Universidad del Zulia - Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Caracas, Venezuela 78 p.
- Cruz, A. 1999. El Silvopastoreo como alternativa para la producción de leche en Cuba. *Pastos y Forrajes* 22:269
- Cruz, A., Suset, A. & Matías, J. 1998. Evaluación económica del Silvopastoreo en la unidad 052 de la Empresa Pecuaria Nazareno. III Taller Inter nacional de Silvopastoreo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 303

- Cruz, C. (1996). *Introducción al pastoreo de alta densidad. Curso de producción de bovinos de doble propósito*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 33 pp.
- Dagang, B. K. y Nair, K. R. (2003). Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems* 59: 149-155.
- Dalton S Roberto 1996. Sistemas silvopastoriles en Brasil, con énfasis en la Amazonia. En: 73-80.
- Dalzell, S.; Shelton, M.; Mullen, B.; Larsen, P. y McLaughlin, K. (2006). *Leucaena: A guide to establishment and management*. Chapter 4: Grazing management; Leucaena toxicity and the *Leucaena* bug. Meat and Livestock. Australia Limited. Australia. 70 pp.
- David D Andrés. 1994. Valor de la regeneración (sucesión) natural en el desarrollo de sistemas silvopastoriles y el reordenamiento del uso del territorio. En: *Memorias del III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios*, II Tomo. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV, Universidad Javeriana, Instituto Mayor Campesino, Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia. Cali, Colombia. pp 42-56.
- DeHaan C, Steinfeld H y Blackburn H 1997. Livestock and the environment Issues and options. European Commission Directorate-General for Development, Development Policy, Sustainable Development and Natural Resources, 56 p.
- DeHaan C, Steinfeld H y Blackburn H 1997. Livestock and the environment finding a balance. European Commission Directorate-General for Development, Development Policy, Sustainable Development and Natural Resources, 115p.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística Dane 1996. *Encuesta Nacional Agropecuaria. Resultados 1995*. Bogotá, Colombia.
- Enríquez, J. F. y Miranda, J. L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o *status quo*. *Interciencia* 32: 566-571.
- Escobar A, Romero E y Ojeda A. 1996. *Gliricidia sepium*. El Matarratón, árbol multipropósito. Fundación Polar, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 78 p.
- Falvey, L. 1976. Productivity of *Leucaena leucocephala* in the Daly basin, Northern Territory. *Tropical Grasslands*. 10:117
- FAO 1997 Boletín trimestral de estadísticas, Vol. 10, No. 1 y2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma.
- Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria (FONAIAP).1992. Evaluación económica de sistemas mejorados de producción de leche de vaca maute para la zona El Laberinto, Estado de Zulia. Serie de Publicaciones Misceláneas. Venezuela. p. 52
- Fuer, R.D. 1965. Pasture performance of Hereford compared the crossbred steers on Guinea grass, Koa hao le pasture Hawaii *Parm Scienc*. 14:4
- Gallardo, J. L.; Luna, M. E. y Albarrán, D. M. (2006). *Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México*. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. México. 45 pp. Ibrahim, M.; Villanueva, C. P. y Casasola, F. (2007). 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: 73-87.
- García, L. & Martín, P.C. 1996. Sistema de transferencia de tecnología para la ganadería vacuna. Primer Encuentro Nacional de Transferencia de Tecnología en la Ganadería. Manual de Trabajo. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p.1
- Garza, R. & Portugal, A. 1977. Producción de carne en asociaciones de zacate Pangola con tres leguminosas tropicales. ALPA VI Reunión. Ciudad Habana. Tomo1. Pág.115
- Gaviria X, Sossa CP, Montoya C, Chará J, Lopera JJ, Córdoba CP, Barahona R. Producción de Carne Bovina en Sistemas Silvopastoriles Intensivos en el Trópico Bajo Colombiano. VII Congreso Latinoamericano De Sistemas Agroforestales Para La Producción Animal Sostenible, Belén, Brasil, noviembre del 2012.
- Gillis, W.T. & Stearn, W.T. 1974. Typification of the names of the species of *Leucaena* and *Lysiloma* in the Bahamas. *Taxon.* 23/185
- Gómez M E, Rodríguez L, Murgueitio E, Ríos C, Rosales M, Molina C H, Molina E, Molina C H y Molina J P. 1997. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Segunda edición aumentada. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV. Cali, Colombia 147 p.
- Hahen, M.V. 1998. Evaluación económica de los cruzamientos en la ganadería de doble propósito. En: Mejora de la ganadería de doble propósito. Univ. de Zulia. Ed. Dana. Venezuela. p.107
- Hamilton, R.I.; Donaldson, L.B, & Lambourne, L.J. 1971. *Leucaena leucocephala* as a feed for dairy cows: direct effect on reproduction and residual effect on the calf lactation. ***Aust. J. Agric. Res.*** 22:681
- Harding, W.A.T. 1972. The contribution of plant introduction to pasture development in the tropics of Queensland. ***Trop. Grasslds.*** 6:191
- Hegarty, M.P. & Court, R.D. 1976. Nitrogenous compounds and nitrogen metabolism of tropical legumes. CSIRO. Tropical Crops and pastures
- Hegarty, M.P. & Peterson, P.J. 1973. Free amino acids, bound amino acids, animes and ureides in Chemistry and Biochemistry of Herbage edit by Butter and Baile, Academic Press
- Hegarty, M.P.; Court, R.D. & Thorne, P.M. 1964a. The determination of mimosine and three, four- Dihydroxypyridine in biological material. ***Aust. J. Agric. Res.*** 15:168
- Hegarty, M.P.; Court, R.D.; Christie, G.S. & Lee, C.P. 1976. Mimosine in *Leucaena leucocephala* is metabolized to a nitrogen in rumens. ***Australian Veterinary Journal.*** 52:490
- Henke, L.A. & Burt, A.N. 1940. Beef cattle feeding trials. Hawaii Agric. Exp. Stn. 85:37
- Henke, L.A. & Morita, K. 1954. Value of koa Haole as a feed for dairy cows. ***Hawaii agric. Exp. Stn.*** 44:14
- Herrera, P.G. 1967. Effect of height of cutting on pigeon pea and koa haole. ***Agric. Trop.*** 23:34
- Holmes, J.H.G. 1976. Growth of Bramman cross heifers grazing *Leucaena*. Proceeding of the Australian Society of Animal Production. 11:453

- Humphreys, L.R. & Jones, R.J. 1975. The value of ecological studies in establishment and management of sown tropical pasture. *Aust. Conf. Trop. Past.* 1:4-1
- Hutton, E.M. & Bettie, W.M. 1976. Field characteristics in the three bred lines of the legume *Leucaena leucocephala*. ***Trop. Grasslds.*** 10:187
- Hutton, E.M. 1970. Australian research in pasture plant introduction and breeding. Proc. XI Int. Grassld. Congr. A-1
- Instituto Humboldt, Ministerio Medio Ambiente, DNP, PNUMA. 1998. Colombia biodiversidad siglo XXI Santafé de Bogotá, Colombia, 254 p.
- Jerez, I., Del Pozo, P.P., Portal, N., Pérez, N., Rodríguez, T., Viles, E., Rodríguez, J.M & Padilla, P. 1998. Resultados preliminares del establecimiento de un módulo agrosilvopastoril en una unidad de producción vacuna. III Taller Internacional Silvopastoril. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 247
- Jones, R.J. 1969. Establishment of *Leucaena leucocephala*. CSIRO. Ann. Rep. 58
- Jones, R.J. 1974. *Leucaena* establishment studies. CSIRO. Trop. Agron. Div. Rep. 10
- Jones, R.J.; Blunt, C.G. & Holmes, J.H.G. 1976. Enlarged thyroid glands in cattle grazing
- Jones, RJ (1986) La superación del problema de toxicidad leucaena para realizar el potencial de la leucaena Instituto Australiano de Ciencias Agrícolas, Queensland Branch, Boletín N° 289, pp. 4-9.
- Jordán, H., Ruiz, T.E., Febles, G., Cino, D.M., Chongo, B., Galindo, J. & Marrero, E. 2001. Estudio de la tecnología de producción de vacas Holstein para solucionar el déficit de biomasa a partir de especies leguminosas. Informe Final de Proyecto. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Jose, S. Designing sustainable silvopastoral Systems: From resource availability to management interventions. En: Arrquy J, Ledesma R, Roldán B, Gomez A, editores. Actas 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria (INTA); 2012.470 p.
- Joshi, D.C.; Upadhyay, R.B. 1976. *Leucaena leucocephala* an over green tree fodder and the possibilities of using it in the dietary of animals. ***Sheep Ind. Vet J.*** 53:8:606
- Joshi, H.S. 1968. The effect of feeding in *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit on reproduction in Yats. ***Aust. J. Agric. Res.*** 19:341
- Karki, U. y Goodman, M. S. (2010). Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. ***Agroforestry Systems*** 78: 159-168.
- Kinch, D.M. & Ripperton, J.C. 1962. Koa haole: Production and processing. Hawaii agric. Exp. St. 58 (Abs)
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. (1999). *Agroforestería* básica. Serie de textos básicos para la formación ambiental No. 3. Editorial PNUMA. México. 340 pp.
- Lamela, L.; Castillo, E.; Iglesias, J. y Pérez, A. (2005). Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. ***Pastos y Forrajes*** 28: 47-58.

- Larez, R.; Velázquez, E.R.; Parra & Bryan, W.B. 1975. Pasture and livestock investigation in the humid tropics. Orinoco Delta, Venezuela 1. Observations on forage grasses and legumes. IRI Res. Inst. Bull. Ny 10020. 42:1
- Lascano Carlos E 1996. Oportunidades y retos en la utilización de leguminosas arbustivas como forraje suplementario en sistemas de doble propósito. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed: Tyrone Clavero. Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. Maracaibo, Venezuela, p 29-40.
- León & Alain. 1951. Flora de Cuba. Vol. II. Contrib. ocas. mus. hist. nat. del colegio de la Salle, Habana Leucaena pastures. **Tropical Grasslands**. 10:113
- Livestock and the Environment 1998. International Conference. FAO, World Bank and IAC. Editor: Nell A J. International Agriculture Centre, Wageningen, The Netherlands. 294 p.
- López, Mirtha; Frías, R. & Quincasas, G. 1978. Evaluación del rendimiento y nodulación de cuatro leguminosas tropicales en suelos de Isla de Pinos y Bayamo. Resumen. Sem. Cient. Téc. Est. Cent. Pastos y Forrajes. MINAG. 1:163
- Lotero Jorge. Análisis de tres sistemas de uso del suelo en la cuenca alta del río Quindío. Fundación Herencia Verde. Cali, Colombia. En prensa.
- Lozano, M. D.; Amparo, C. G.; Vanegas, M. A.; Figueroa, L.; Ramírez, G. M.; Carrero, H. G.; Constanza, V. N. y Aguirre, M. C. (2006). *Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes: opción tecnológica para el Valle Cálido del Alto Magdalena*. CORPOICA. Colombia. 32 pp.
- Mahecha L, Rosales, M y Molina, C H.1998. Experiencias de un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachius* y *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Mahecha, L.; Rosales, M.; Duran, C. V.; Molina, C. H.; Molina, E. J. y Uribe, F. (2002). *Evaluación del forraje y los animales a través del año en un silvopastoril conformado por Cynodon plectostachyus, Leucaena leucocephala y Prosopis juliflora, en el Valle del Cauca, Colombia*. CIPAV. Colombia. URL: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/SeminInd.htm>. (Consultada el 10 de febrero de 2011). Molina, C. H. y Uribe, F. (2002). Experiencias en producción limpia de ganaderías en pastoreo. En: *Memorias del III Seminario Internacional Competitividad en Carne y Leche*. Cooperativa Lechera de Antioquia. Medellín, Colombia. pp. 333-354.
- Martín, G., Milera, M., Simón, L., Hernández, I., Iglesias, J. & González, E. 2000. La agroforestería para la producción animal. Pastos y Forrajes 23:251
- Martín, P.C. 2001. Producción de carne con pastos tropicales. Memoria del curso Cría, Manejo y Explotación de Bovinos en el Trópico. Centro de Desarrollo Tecnológico. FIRA. Tantakín, México. p. 56
- Matsumoto, H.; Smith, E.G. & Sherman, G.D. 1951. The effect of elevated temperature on the mimosine content and toxicity of Koa haole (*Leucaena glauca*). **Archives of Biochemistry and Biophysics**. 33:201



- Milera, M., Lamela, L., Hernández, D., Hernández, M., Sánchez, S., Pentón, G & Soca, M. 2001. Sistemas intensivos con bajos insumos para la producción de leche bovina. *Pastos y Forrajes* 24:49
- Montagnini F, Finney C. Payments for Environmental Services in Latin America as a tool for restoration and rural development. *Ambio* 2011; 40:285-297.
- Montagnini, F y 18 colaboradores (1992) *Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos*. OET, Costa Rica, 622 p.
- Moog, FA (1985) forrajes en sistemas de cultivo de alimentos integrales. *En: Blair, GJ, Marfil, DA y Evans, TR (eds), Piensos en el sudeste de Asia y el Pacífico Sur Agricultura* Actas de un taller internacional llevan a cabo en Cisarua, Indonesia. ACIAR Proceedings Series No. 12, Canberra, pp. 152-156.
- Morales, V.M.; Graham, P.H. & Cavallo, R. 1973. Influence of inoculation method and limiting of the soil at Carimagua (E. Llanos, Colombia) on the nodulation of legumes. *Turrialba*. 23:52
- Munns, D.L. & Fox, Rolo, 1977. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. *Plant and Soil*. 46:533
- Munns, D.L. & Fox, R.L. 1976. Depression of legume growth by liming. *Plant and Soil*. 44:101
- Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A and Solorio B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecol Manag* 2011; 261:1654-1663.
- Murgueitio E, Uribe F, Tafur O. Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) en el trópico húmedo: reconversión ambiental con producción ganadera rentable. *Memorias de Foros 50 Años de FEDEGAN. Nutrición Animal. Florencia, Caquetá; 2013. URL: www.fedegan.org.co*
- Murgueitio E y Calle Z 1998. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. *En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.*
- Murgueitio Enrique 1999. Reconversión social y ambiental de la ganadería bovina en Colombia. *World Animal Review. FAO, Rome. En prensa.*
- Murgueitio, E. (2009). Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13: 3-20.
- Murgueitio, E. e Ibrahim, M. (2008). Ganadería y medio ambiente en América Latina. *En: Murgueitio, E.; Cuartas, C. y Naranjo J. (editores). Ganadería del Futuro: Investigación para el desarrollo.* Fundación CIPAV. Cali, Colombia. pp. 19-40.
- Murgueitio, E. y Solorio, B. (2008). El Sistema Silvopastoril Intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. *En: V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible.* Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad de Zulia. Venezuela (Publicación electrónica).
- Murgueitio, E.; Calle, Z.; Uribe, F.; Calle, A. y Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654-1663. Murgueitio, R. E.; Hernández, M. C.; Riascos, V. M.; Cuartas, C.; Uribe, T. F. y Lopera, J. J. (2007). *Montaje de modelos ganaderos*

- sostenibles basados en sistemas silvopastoriles en seis subregiones lecheras de Colombia*. Fundación CIPAV. Colombia.
- Musálem, M. A. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 8: 91-100.
- Naranjo, J. F., Cuartas CA, Murgueitio ER, Chará JD, Barahona R. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livest Res Rural Dev* 2012; 24(8). [Fecha de acceso, agosto 22, 2012]. URL: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>
- Narayanan, S.S. & Sivagnanam, L.A. 1962. A leguminous thornless quick growing hedge plant *Leucaena glauca* Benth.
- NAS (1983) *Cosechas de la leña de arbustos y especies de árboles para la producción de energía* Volumen II. National Academy Press, Washington DC, 92 pp.
- Norris, D.O. 1970. The contribution of research in legumes bacteriology to the development of Australia pastures. Proc. XI Int. Grassld. Congr. A-22
- Norris, D.O. 1973. Seed pelleting to improve nodulation of tropical and sub-tropical legumes. 5. The contrasting response to lime pelleting of two strains on *Leucaena leucocephala*. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 13:98
- Oakes, A.J. & Skod, D. 1967. Yield trials of *Leucaena* in the U.S. Virgin Islands. *J. Agric. Univ. P. Rico*. 51:176
- Ocampo A, Cardozo A, Tarazona A, Ceballos M, Murgueitio E. La investigación participativa en Bienestar y Comportamiento animal en el trópico de América: oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. *Rev Colomb de Cienc Pecu* 2011; 24:332-346.
- Pagiola S, Agostini P, Gobbi J, De Haa C, Ibrahim M, Murgueitio E, Ramírez E, Rosales M, Ruíz JP. Paying for Biodiversity Conservation Services: Experience in Colombia, Costa Rica, and Nicaragua, *Mountain Research and Development* 2005; 25.3:206-211.
- Pagiola, S.; Agostini, P.; Gobbi, J.; de Haan, C.; Ibrahim, M.; Murgueitio, E.; Ramírez, E.; Rosales, M. y Ruíz, J. P. (2004). *Pago por servicios de conservación de la biodiversidad en paisajes agropecuarios*. The World Bank Environment Department. United States of America. 40 pp.
- Partridge, I.J. & Ranacou, E. 1974. The effects of supplemental *Leucaena leucocephala* on steers grazing *Dichanthium caricosum* in Fiji. *Trop. Grassld.* 8:107
- Pathak, P.S. & Roy, R.D. 1974. Autecology of grassland species: studies in *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. In. Grassld. Fed. Res. Inst. Ann. Rep. 84 (Abs)
- Peña, M.E., Urdaneta, F., Arteaga, G. & Casanova, A.1998. Niveles gerenciales en sistemas ganaderos de doble propósito (*Taurus-Indicus*). II Análisis discriminante. *Rev. Cient. Fac. Cienc.Vet.*8:186
- Pezo, D. A.; Ibrahim, M.; Beer, J. y Camero, L. A. (1999). *Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América Central*. Serie Técnica, Informe Técnico No. 311. CATIE. Costa Rica. 46 pp. Pezo, D.; Ibrahim, M. y Casasola, F. (2008). El pago por servicios ambientales: acelerador del cambio tecnológico en sistemas ganaderos basados en pasturas. En: Tejos, R. (Ed.). *XII Seminario Manejo y*

- Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal*. Mérida, Yucatán, México. pp. 1-11. Quero, A. R.;
- Plucknett, D.L. 1970. Productivity of tropical pastures in Hawaii. Proc. XI Int. Grassl. Cong. Randeo, K.D. 1971. Studies on seed coat dormancy in *Leucaena glauca* Benth. **Jap. J. Ecol.** 21:14 (Abs)
- Prause, J. y Gallardo L., F. (2000). Influencia de cuatro especies nativas sobre las propiedades físicas de un suelo forestal del parque Chaqueño Húmedo Comunicación científica y tecno- lógica. Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Argentina.
- Ramírez Hernán 1997. Evaluación de dos sistemas silvopastoriles integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. En: Seminario Internacional de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Memorias versión electrónica. CIPAV. Cali. Colombia.
- Ramírez, J.J., García, L. & Padrón, R. 2001. Implantación de modelos regionales de microva- querías autosuficientes. I Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica. Instituto de Investigación de Pastos y Forrajes. Cuba. p. 51
- Robinson, PJ (1985) Los árboles como cultivos forrajeros. En: Cannell, MGR y Jackson, JE (eds), *atributos de los árboles como plantas cultivadas* Instituto de Ecología Terrestre, Huntingdon, Reino Unido, pp 281-300...
- Rosales Mauricio 1998. Mezcla de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Ruíz TE, Febles G, Jordán H y Castillo E 1996. El género *Leucaena* como una opción para el mejoramiento de la ganadería en el trópico y el subtrópico. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed: Tyrone Clavero. Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. Maracaibo, Venezuela, p 11-16.
- Sadeghian S, Rivera JM y Gómez M E 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Sadeghian, S.; Rivera, J. M. y Gómez, M. E. (1998). Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en Los Andes de Colombia. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. FAO. Italia. pp. 77-95.
- SAGARPA. (2007). *Pastoreo rotacional intensivo*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 8 pp.
- Sánchez Manuel 1998. Sistema agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
- Santos L, Bernal C A y Duarte J. 1996. Introducción a la evaluación de la producción de frutos de Algarrobo *Prosopis juliflora* (L) D. C en áreas de bosque seco tropical, alto Magdalena, Cundinamarca - Colombia. En: *Sistemas Silvopastoriles: alternativa*

- para una ganadería moderna y competitiva*. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 107-112.
- SEMARNAT. (2008). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México.
- Senra, A.; Martínez, R. O.; Jordán, H.; Ruiz, T.; Reyes, J. J.; Guevara, R. V. y Ray, J. V. (2005). Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39: 23-30.
- Sepúlveda, C. e Ibrahim, M. (2009). Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático. CATIE, Turrialba, C.R.
- Shaw, N.H.; Mannelje, L. & Hall, R.L. 1968. Pasture development. *Leucaena leucocephala* for supplementary feeding. CSIRO. Division of Tropical Pastures
- Shelton Max 1996. El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Ed: Tyrone Clavero. Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. Maracaibo, Venezuela, p 17-28.
- Shelton, H. M. (2004). Importance of tree resources for dry seasons feeding and the impact on productivity of livestock farms. En: Mannelje *et al.* (Eds.). *The importance of silvopastoral system in rural livelihoods to provide ecosystem services. Proceedings of the Second International Symposium on Silvopastoral Systems*. Mérida, Yucatán, México. 346 pp
- Siebert, B.D.; Hunter, R.A. & Jones, P.N. 1976. The utilization by beef cattle of sugar cane supplement with animal protein, plant protein or non-protein nitrogen and sulphur. ***Aust. J. of Exp. Agric. and Anim. Husb.*** 16:789
- Simon Leonel 1996. Utilización de árboles leguminosos en cercas vivas y en pastoreo. En: *Sistemas Silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva*. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 31-42.
- Simón, L. & Cruz, A. 1998. Resultados económicos-productivos de la validación del Silvopastoreo. En: Los árboles en la ganadería. Silvopastoreo. Ed. L. Simón. Estación Experimental de Pastos y Forrajes «Indio Hatuey». Matanzas, Cuba. Tomo I. p. 4
- Simpson, J.R., Wilcox, Ch.J. & Sandoval, M.1990. Análisis económico de alternativas y prácticas de manejo en el ganado lechero. Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos. Univ. de Florida. p. 44
- Solorio, F. J.; Bacab, H. M. y Ramírez, A. L. (2011). Los sistemas silvopastoriles intensivos: avances de investigación en el valle de Tepalcatepec, Michoacán. En: *Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. México. pp. 17-31.
- Soussana, J. F. (2008). The role of the carbon cycle for the greenhouse gas balance of grasslands and of livestock production systems. In: Rowlinson, P.; Steele, M. y Nefzaoui, A. (Eds.). *Proceedings International Conference Livestock and Global Climate Change*. British Society of Animal Science. Hammamet, Tunisia. pp. 12-15.

- Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M. y de Haan, C. (2006). *Livestock is long Shadow. Environmental issues and options*. LEAD-FAO. Italia. 377 pp.
- Suttie, J.M. 1968. Pasture legume research in Kenia. *East. Afr. Agric. Forest. J.* 33:281
- Szott, L.; Ibrahim, M. y Beer, J. (2000). *The hamburger connection hangover: cattle, pasture, land degradation and alternative land use in Central America*. CATIE. Costa Rica. 71 pp.
- Tacio, HD, Watson, recursos humanos y Laquihon, WA árboles (1987) fijadores de nitrógeno como las especies de usos múltiples para la conservación del suelo. En: *Multipurpose Especies de Árboles de la granja pequeña Uso Actas de un taller internacional realizado en Pattaya, Tailandia*, pp 114-121...
- Takahashi, N. & Ripperton, J.C. 1949. Koa haole (*Leucaena glauca*) its establishment, culture and utilization as a forage crop. Bull. 100 Hawaii. Agric. Exp. Stn. 56
- Torres, J. A.; Espinoza, W.; Reddiar, L. y Vázquez, A. (2011). Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 543-549.
- Triana M A 1998. Experiencias con palma de Canagucha (*Mauritia flexuosa*) del proyecto Piedemonte Caqueteño. En: Taller de Colombia sobre palmas amazónicas. Corpoica, Ministerio del Medio Ambiente, Colciencias, OIMT, Cenipalma, Universidad Tecnológica del Chocó, Sinchi. Florencia, Colombia, pp 77-94.
- Trinick, M.J. 1968. Nodulation of tropical legumes. 1. Specificity in the Rhyzobium symbiosis of *Leucaena leucocephala*. Exp. Agric. 4:243 (Abs)
- Upadhayay, V.S.; Rekib, A.; Pathak, P.S. 1974. Nutritive value of *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Indian Vet. J.* 51:534
- Urdaneta, F., Fernández, E. & Sarmiento, G. 1998. Factores de éxito en sistemas ganaderos de doble propósito en el sector ganadero El Laberinto, Estado de Zulia I. Identificación de los sistemas de producción exitosos, características gerenciales y de recursos humanos. Rev Cient. Fac. Cienc. Vet. 8:15
- Vázquez A., A. (2010). Evaluación Física, Química y Biológica de Suelos Ganaderos en Áreas Naturales Protegidas de Chiapas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas. Villa- flores, Chiapas, México.
- Velasco, T.E. & Ordóñez, J.A. 1998. Valor económico absoluto y relativo de algunos caracteres biológicos en un sistema de doble propósito zuliano. Rev Cient. Fac. Cienc. Vet. 8:127
- Williams, R.J. (1983) Las leguminosas tropicales. En: McIvor, JG y Bray, RA (eds), *recursos genéticos de plantas forrajeras* CSIRO, Melbourne, pp 17-37.
- Xóchitl M, Solorio B. Ganadería Sustentable. En: Estrada MX, Sánchez BS, editores. 2a Etapa del Proyecto Estratégico de Prioridad Nacional "Desarrollo y Fomento de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos como alternativa alimenticia para la producción de carne y leche en regiones tropicales. Fundación Produce Michoacán, SAGARPA, COFUPRO, UADY: Michoacán, México; 2012. 215 p.
- Yamamoto, W.; Dewi, I. A. e Ibrahim, M. (2007). Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems* 94: 368

- Yepes, S. 1975. Buscando una leguminosa tropical. II. Caracteres deseables e indeseables. Serie Téc-Científica A-7. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 23
- Yepes, S. 1975a. Centro de diversificación de las leguminosas forrajeras en América. Series Téc. Cienc. A-7. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 18
- Yoshida, R.K. 1944. A chemical and physiological study of the nature and properties the toxic principle in *Leucaena glauca* (Koa Hale). PhD. Thesis. Univ. of Minnesota
- Zapata Ha, Mejía C, Murgueitio E, Zuluaga AF. Pagos por servicios ambientales en agro ecosistemas ganaderos en el Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas en Colombia. Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo; 2008. p. 89-109