

Establecimiento de un sistema silvopastoril sostenible en ecosistema montañoso degradado del Municipio El Salvador, Guantánamo

Establishment of a sustainable silvopastoril system in a degraded mountain ecosystem in the municipality of El Salvador, Guantánamo

Autores:

Yamilé Veranes - Correa, <https://orcid.org/0009-0000-8492-6318>

MSc. Omar Del Toro - Pileta, <https://orcid.org/0000-0001-7777-8003>

Filiación institucional: Facultad Agroforestal del Centro Universitario Municipal de El Salvador, Universidad de Guantánamo. Carretera de Jamaica 1km1\2, Guantánamo-Cuba

E- mail: omartp@cug.co.cu

Fecha de recibido: 4 may. 2025

Fecha de aprobado: 29 jun. 2025

Resumen

El estudio se realizó en la CCS Longino Riviaux perteneciente a la Empresa Agroforestal de El Salvador, Guantánamo, desde el año enero 2015 hasta junio del 2018. En un suelo sialítico (pardo con carbonato, medianamente lavado). Se estableció un sistema silvopastoril sostenible en un ecosistema montañoso deforestado en 3.00 ha con el objetivo de reducir la degradación del suelo y aumentar la producción de alimento animal. Se obtuvo que la especie *Gliricidia sepium* se comportó con una proteína bruta de 24.6 % y *Morus alba* con 24,9 % y El tratamiento 10 *Gliricidia sepium* con un marco de plantación de 1x1m fue el que mejor se comportó en diámetro 4,29 cm, altura 0.96 cm y una pérdida de suelo de 1.35 ts/ha. Con un costo total de \$3355.00 para realizar la implementación del sistema silvopastoril.

Palabras clave: Silvopastoreo; Suelo sialítico; *Gliricidia sepium*

Abstract

The study was conducted at the Longino Riviaux CCS, part of the El Salvador Agroforestry Company, Guantánamo, from January 2015 to June 2018. The soil was sialitic (brown, with carbonate, moderately leached). A sustainable silvopastoral system was established in a deforested mountain ecosystem covering 3.00 ha with the aim of reducing soil degradation and increasing animal feed production. *Gliricidia sepium*, which have a good protein content, for rotational browsing at a height suitable for goats. Mulched with *Panicum maximum* so that the herd rotates daily along a lane between two browse hedges. Treatment 10 *Gliricidia sepium* species with a 1x1 m planting frame performed best, with a diameter of 4.29 cm, a height of 0.96 cm, and a soil loss of 1.35 ts/ha. The total cost to implement the silvopastoral system was \$3,355.00.

Keyword: Silvopasture; Sialitic soil; *Gliricidia sepium*

Introducción

Una de las causas fundamentales del deterioro medio – ambiental es motivado por la destrucción de los bosques tropicales que se incrementó en una cifra equivalente a 11, 3 millones de ha/año en la década del noventa, mientras que en los años 2000 llegó a alcanzar 17 millones de ha/año. Estas situaciones permanecen aún en el mundo y en particular en los pequeños estados insulares (Jiménez, 2006).

En el mundo los sistemas agroforestales juegan un papel muy importante porque son unas series de sistemas y tecnologías del uso de la tierra en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas, también pastos; en función del tiempo y espacio para incrementar la producción en forma sostenida (Rojas, 2004).

Los sistemas agroforestales, están encaminados a permitir actividades agropecuarias en condiciones de alta fragilidad y limitaciones productivas a fin de lograr una gestión económica eficiente, alternando al mínimo la estabilidad ecológica; sin embargo, esta es una ciencia nueva, por lo que queda mucho por hacer para desarrollar sistemas que sean biológica, y económicamente viables y socialmente aceptables (Renda *et al.*, 1997 y Rojas *et al.*, 2004).

El patrimonio forestal en Cuba tiene el 24,5 % de sus áreas cubierta de bosque y el 18 % de su territorio está ocupado por terrenos montañoso, en sus laderas inclinadas, se eliminaron los bosques y se establecieron cultivos sin ninguna protección, lo que originó la pérdida de los suelos por la erosión hídrica y actualmente los cultivos principales son café y cacao (Linares, 2006).

La indiscriminada tala de los bosques desde la época de la colonia redujo su superficie considerablemente. La deforestación en las áreas agrícolas está trayendo serios problemas en la erosión de los suelos, ya que los bosques tropicales que cubren el 6 % de la superficie de la tierra son el hogar del 70 % o más de todas las especies (Rodríguez, 2003).

Los árboles juegan varios papeles importantes tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas, incluyendo: sombra y cortinas rompe-vientos, movilización y reciclaje de nutrientes particularmente desde capas profundas del suelo, fijación de nitrógeno por especies leguminosas, secuestro de carbono, hábitat para muchas especies de aves, insectos, pequeños mamíferos y plantas epifitas, controlan la erosión, influyen en la descontaminación del ambiente, dan sombra y se emplean además como cercas vivas, y como fuente de energía, madera, semillas y alimento para el ganado; además contribuyen a la fertilidad de los suelos (Caviglia y Sadras, 2001).

Álvarez (2003) manifiesta que los sistemas agroforestales, para ser integrales, deben ser siempre sistemas agro-silvo-pastoriles, para procurar un balance autosostenible de energía dentro del sistema cultivado.

En Cuba la agroforestería contribuye alternativas viables para lograr múltiples beneficios directos: viandas, vegetales, granos, frutas, plantas medicinales, productos cárnicos, madera para la construcción de viviendas, muebles, envase para productos agrícolas, mangos de herramientas, leña y otros productos, además aportan beneficios indirectos: mejora de la estructura de los suelos y los protegen contra los procesos erosivos, facilitan la infiltración de las aguas lluvias, restituyen el patrimonio forestal, posibilitan el aumento del potencial de abrigo y refugio de la fauna y propician la reducción de plagas y enfermedades en los cultivos (Soto *et al.*, 2002).

La zonificación agroecológica del cafeto del macizo Nipe - Sagua - Baracoa demostró cuáles condiciones alcanzaron mayor factibilidad para lograr altos rendimientos, teniendo en cuenta las condiciones ecológicas y los requerimientos del cafeto, permitiéndonos la toma de decisiones para hacer una explotación más racional de los recursos naturales y la diversificación de la producción en áreas no aptas para el cultivo principal de *Coffea arabica* L en un sistema agroforestal cafetalero (Soto *et al.*, 2002).

Para este estudio se planteó como **problema**, la alta degradabilidad de los suelos en ecosistema montañoso. Se centró la atención en el agroecosistema en la Empresa Agroforestal de Montaña del municipio El Salvador, Guantánamo, como **objeto** de la investigación.

Se declaró como **objetivo** el establecimiento de un sistema silvopastoril sostenible en ecosistemas montañosos deforestados para reducir la degradación de los suelos, e incrementar la producción de alimento animal.

Se profundizó en **objetivos específicos, como:**

- Establecer un sistema silvopastoril sostenible para la producción animal con diferentes especies forrajeras: *Leucaena leucocephala* L, *Gliricidia sepium*, *Morus alba* L y *Trichanthera gigantea* (H. et B) y determinar su potencial productivo.
- Determinar la degradación de los suelos por erosión hídrica y la densidad aparente en ecosistemas montañosos.

- Determinar los parámetros morfológicos (diámetro y altura) de las especies establecidas.

Materiales y métodos

Ubicación del área de trabajo.

El trabajo se desarrolló desde el año 2006 hasta junio del 2008 en la UBPC Idio Favier Favier, ubicada en la UBACC La Cuabita, perteneciente a la Empresa Café y Cacao de Yateras, que se encuentra formando parte del macizo montañoso Nipe – Sagua - Baracoa, en un suelo sialítico (pardo con carbonato, medianamente lavado) con 57.78 ha de área total, de ellas 28.82 ha de café y las demás de otros usos: forestales, cultivos agrícolas, caminos y cursos de agua.

A partir de la metodología de zonificación agroecológica realizada por Soto et al., 2002, en el Macizo montañoso Nipe – Sagua – Baracoa, se definieron las áreas aptas y no aptas del cultivo principal de *Coffea arabica* L teniendo en cuenta las condiciones edafoclimáticas del área, donde arrojó que 11.28 ha de la misma no estaban acordes con los rendimientos del cultivo y 17.54 ha, estaban en condiciones para obtener altos rendimientos a partir de las atenciones culturales que se le realizan al cultivo principal (poda de renovación, de mantenimiento, deshierbes, regulación de sombra y calidad de la cosecha).

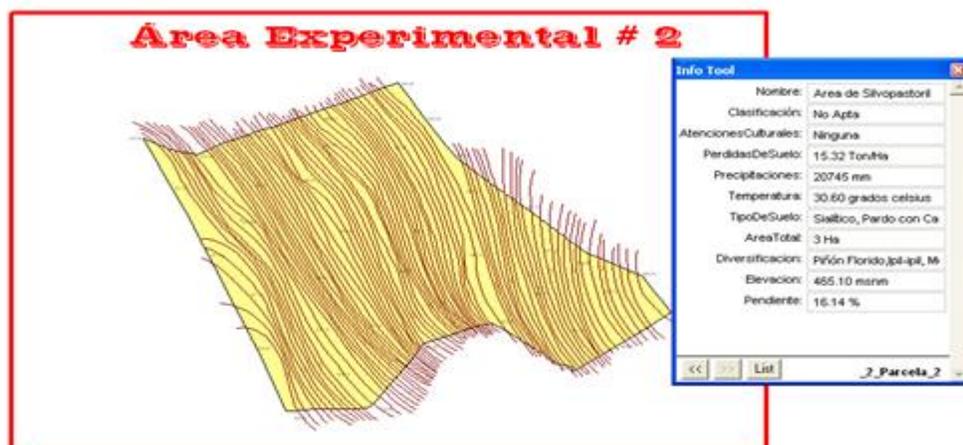


Fig. 1: Área del sistema silvopastoril

Se conformaron los siguientes tratamientos:

A partir de un diseño experimental bloque al azar con 10 tratamientos con tres réplicas, de las cuales se muestrearon 10 plantas al azar, durante 15 días después de la siembra en cada réplica, teniendo en cuenta las pendientes existentes en el área de estudio, se evaluaron diferentes variables:

- Altura de la planta: se midió con una cinta métrica a partir de la altura de la estaca (cm), después de 15 días de la siembra consecutivamente.
- Diámetro de las plantas: Se midió con un pie de Rey, después de 15 días de la siembra consecutivamente.
- Pérdida de suelo en cada una de la parcela.

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple con test de rangos múltiples de Duncan (5%) para la comparación de medias a cada una de las especies estudiadas a partir del paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5,1 en ambiente Microsoft Windows y los tratamientos quedaron de la siguiente forma:

T1 *Leucaena leucocephala* L con marco de plantación 2x2m

T2 *Leucaena leucocephala* L con marco de plantación 1x1m

T3 *Morus alba* L. con marco de plantación 2x2m

T4 *Morus alba* L. con marco de plantación 1x1 m

T5 *Trichanthera gigantea* (H. Et B) con marco de plantación 2x2m

T6 *Trichanthera gigantea* (H. Et B) con marco de plantación 1x1m

T7 *Parmentiera edulis* con marco de plantación 2x2m

T8 *Parmentiera edulis* con marco de plantación 1x1m

T9 *Gliricidia sepium* Jacq con marco de plantación 2x2m

T10 *Gliricidia sepium* Jacq con marco de plantación 1x1m

Los datos se ubicaron en el programa Microsoft Excel para la confección de las tablas y los gráficos, y se utilizó el programa Microsoft Word para la realización del texto.

Resultados y discusión

Diseño del sistema silvopastoril de nuevo tipo para la base alimentaria, permanente y rotacional de rumiantes en el sistema agroforestal.

La tecnología a introducir consiste en dos componentes que constituyen un sistema silvopastoril y abarcan un área de 3,0 ha:

Componente (A)

Es un semibosque de *Parmentiera edulis* D.C., que sirve de silvopastoreo vespertino diario, empastado con (*Panicum maximum*) hierba de guinea, teniendo en cuenta que los animales procuran, preferentemente, los frutos de la especie arbórea.

Compuesto por un rodal plantado con posturas de *Parmentiera edulis* tiene su aplicación en que es una especie naturalizada en el país (Álvarez, 2008), que los estudios etnobotánicos del autor y su equipo de trabajo, han demostrado que es una especie propagada, protegida y utilizada por los campesinos en sus potreros, que es una especie apetecida por cabras y diseminada por el ganado vacuno, el que consume sus frutos con alta preferencia. Se observa que tiene frutos todo el año, y han sido objeto de amplio estudio como alimento humano y usos medicinales en su área geográfica de origen, en Cuba según Calzada, (2007) tiene amplio uso como alimento animal determinado fundamentalmente por su elevado contenido proteico el cual supera el 27 %. Este autor demostró que la especie es posible propagarla por semillas en diferentes suelos, tiene rápido crecimiento inicial y que además presenta amplia variabilidad morfológica, susceptible de ser mejorada por técnicas de selección, incluyendo las técnicas silvícolas.

Este componente, el rodal de *Parmentiera edulis*, que también se plantará con sistema taungya, después de la certificación del Servicio Estatal Forestal (SEF), requerirá la atención silvícola del bosque regular especializado para silvopastoreo, con un 30% más de espaciamiento que el indicado por su proyección de copas, de manera que se mantenga la entrada de luz al pastizal bajo dosel.

Componente (B)

Está constituido por setos de ramoneo compuesto por hasta cuatro especies leñosas forrajeras por su follaje, que en este caso se acondicionan para ramoneo rotacional con semibosque ligero. Los setos tendrán la altura adecuada a los animales y estarán separados por tres metros en dependencia del tipo del rebaño (cabras). Las calles estarán empastadas con *hierba de guinea* (*Panicum maximum*) según criterios de expertos en las entidades introductoras. El rebaño rota cada día por una calle entre dos setos de ramoneo, por lo que la extensión del componente (B) deberá ser tal que permita cerrar el ciclo en 40 a 45 días.

Las especies en sistema (B) se plantarán en las líneas según trazado, en tramos alternativos cada 10 metros, con mayor participación de tramos de *Leucaena leucocephala* y *Morus alba*, pero con menor participación del *Trichanthera gigantea*, preservando plantas de *Gliricidia*

sepium sin podar en medio de los tramos de *Trichanthera gigantea*, con fines estéticos, de protección del *Trichanthera gigantea* y para sombra ligera en el sistema.

De estas seis especies se tratará de establecer la innovación de setos de ramoneo con al menos cinco de ellas, aunque a petición del cliente se puede incorporar alguna otra especie para comparar su comportamiento y preferencias del rebaño.

Esta es, por lo descrito, una reforestación especializada para silvopastoreo rotacional permanente, reuniendo, en un solo sistema, un conjunto organizado de especies arbóreas que una vez transcurrida la etapa de establecimiento, con intercalamiento tipo taungya y certificadas las plantaciones, el sistema que funcionará como semibosque ligero de *Gliricidia sepium*, con setos múltiples de ramoneo rotacional, según se indica en el instructivo técnico.

La figura 2 representa la implementación del sistema silvopastoril como seto vivo, donde se evidencia que esta área está compuesta por dos componentes A y B, donde en la parte más baja se encuentra el componente (A) que está compuesto por un semibosque de *Parmentiera edulis* D.C. que sirve de silvopastoreo vespertino diario, acompañado del pasto (*Panicum maximum*) hierba de guinea para lograr los propósitos de los caprinos (carnes y leches), estos resultados coinciden con Álvarez (2008) que plantea que la *Parmentiera edulis* es una especie de múltiple uso en diferentes regiones del mundo y es de gran importancia etnobotánica que lamentablemente ha sido culturalmente desplazada y son contactadas las personas que conocen al árbol y mucho menos quienes conocen sus múltiples usos (Calzada, 2007).

Este semibosque es de gran importancia para estos ecosistemas de alta fragilidad por la existencia de abundantes precipitaciones, las que se acentúan en los meses de mayo a diciembre (figura 1) los cuales juegan un papel muy importante para el desarrollo del sistema, donde existe una alta pérdida de suelo en ton/ha, siendo este un árbol perenne que no pierde las hojas en ninguna época y fructifica el año entero.

En el componente (B) el animal debe rotar diariamente, pero en una calle diferente y para evitar una sobre explotación del pasto y las plantas forrajeras, donde las mismas fueron plantadas a tres bolillos para evitar la pérdida de suelo que es uno de los mayores problemas que existen en estos sistemas agroforestales.

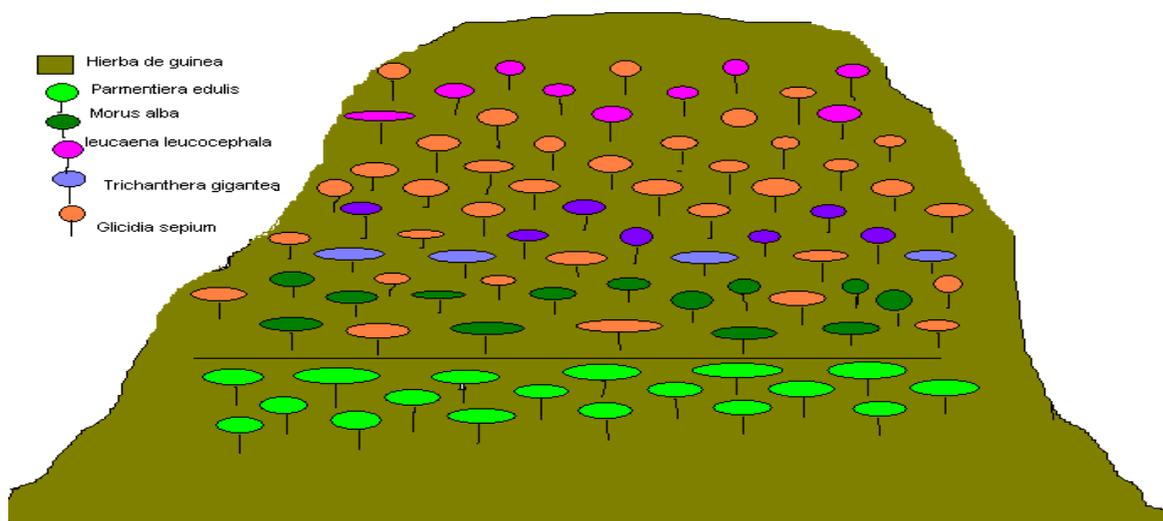


Figura 2: Diseño implementado en el sistema silvopastoril.

En la tabla 1 se presenta la composición química de las especies forrajeras sembradas y que forman parte del sistema silvopastoril propuesto, todas son fuentes importantes de proteína y minerales como el Ca y el P por lo que se provee producciones sostenidas de leche de cabra determinando además por la producción de biomasa la cual superará las 12 ton de ms/ha/año, en este sentido autores como Iglesias, (2003) y Rodríguez, (2005) han logrado excelentes resultados productivos en rumiantes manejados bajo sistemas silvopastoriles.

Tabla 1: Producción de biomasa

Especies	Producción de biomasa (Kgms/ha/año)
<i>Gliricidia sepium</i>	8200
<i>Morus alba</i>	9500
<i>Trichanthera gigantea</i>	12500
<i>Leucaena leucocephala</i>	18000
Promedio del sistema	12050

La pérdida de suelo en el ecosistema en estudio, antes de establecer el sistema silvopastoril se calculó en 15.32 toneladas por hectárea. Una vez implementado el sistema se obtuvieron los resultados siguientes a los 3 meses, 6 meses, 9 meses y un año.

En la tabla 2 (a los 12 meses después de la siembra), se observa que la planta de *Gliricidia sepium* Jacq con marco de plantación de 1x1m es la de mejor comportamiento en diámetro, altura y pérdida de suelo, resultados similares obtuvo Pedraza (2000) en esta especie cuando se cultiva como una cerca viviente y también su utilidad para reducir la escorrentía, a través de la formación paulatina de terrazas, lo que ha posibilitado que se utilice como protectoras de

acequias, cortando las ramas a intervalos frecuentes para ser usados como fertilizante orgánico y forraje para el ganado. Si se analiza que existe una pendiente de 16.14% y una elevación de 465.10 msnm figura 1, se evidencia la existencia fragilidad de los suelos para degradarse en estos tipos de ecosistemas y con la implementación de este sistema agroforestal, se puede reducir todas estas problemáticas.

Tabla 2: Comportamiento de la altura, diámetro y pérdida de suelo a los 12 meses después de la siembra

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Pérdida de suelo (ts/ha)
1	0.74 a	2.38 a	2.01 c
2	0.75 a	2.47 b	2.04 c
3	0.79 ab	2.38 a	2.25 d
4	0.86 b	4.00 de	3.01 e
5	0.92 c	3.86 d	3.02 e
6	0.87 b	3.68 c	2.15 cd
7	0.92 c	4.28 f	1.92 bc
8	0.87 b	4.23 e	1.58 b
9	0.93 c	4.23 e	1.54 b
10	0.96 d	4.29 e	1.35 a
E S	0.0016	0.12	0.18

abcdef medias con letras desiguales dentro de las mismas columnas difieren significativamente entre sí (Duncan, 1955) (P<0.05).

Análisis económico

Para el establecimiento de dicho sistema se utilizó un obrero, donde se observa en la tabla 3 que para alcanzar buenos resultados en el área se obtuvo un costo final de \$3355.00, la cual permitirá alcanzar un desarrollo sostenible en estos ecosistemas que son de gran fragilidad, existiendo una pendiente de 16.14%, una pérdida de suelo de 15.32 ts / ha y una elevación de 465.10 msnm figura 1.

Tabla 3: Gastos para implementar el sistema silvopastoril

Instrumentos utilizados	Cantidad	UM	MN	Total
Picos	2	U	\$10.00	\$20.00
Machetes	2	U	\$10.00	\$20.00

Lima	1	U	\$10.00	\$10.00
Obrero	1	U	\$225.00	\$250.00
Plantas a sembrar	-----	-----	-----	-----
<i>Parmentiera edulis</i>	150	U	\$5.00	\$750.00
<i>Gliricidia sepium</i>	180	U	\$1.00	\$180.00
<i>Morus alba</i>	175	U	\$5.00	\$875.00
<i>Trichanthera gigantea</i>	100	U	\$5.00	\$500.00
<i>Leucaena leucocephala</i>	150	U	\$5.00	\$750.00
Costo total	-----	-----	-----	\$3355.00

También existen beneficios de este estudio para períodos de guerra, pues los sistemas agroforestales tienen un papel muy importante en la preservación del medio ambiente y en la creación de fondos maderables y boscosos necesarios para la defensa de la Patria. Los sistemas silvopastoriles son la base de la multiplicación y garantía de los bosques, que en el caso de la preparación para la Defensa se pueden plantar los bosques selectivos-combativos, los cuales además de todo su beneficio y vital importancia, pueden servir de enmascaramiento en situaciones excepcionales para el desplazamiento y ubicación de las tropas. Según las características que presentan las diversas especies estudiadas en este trabajo, son de gran importancia en la producción de forrajes para la alimentación de animales de granjas en la montaña, a través de la conservación de las mismas en forma de heno y ensilaje para lograr los propósitos de carne y leche para la alimentación de las tropas. Por ejemplo, el *Gliricidia sepium* y la *Leucaena leucocephala* por su alto grado de combustible pueden ser utilizadas en la elaboración de alimentos cocidos, estas mismas se pueden utilizar en construcciones rústicas. El *Trichanthera gigantea*, la *Parmentiera edulis* y la *Morus alba* tienen gran utilidad para usos de manera curativos, etc.

Conclusiones

Con el establecimiento de este sistema se logró que la composición química que mejor se comportó fue *Gliricidia sepium* con una proteína bruta de 24.6 % y *Morus alba* con 24,9 %.

El tratamiento 10 *Gliricidia sepium* con un marco de plantación de 1x1m fue el que mejor se comportó en diámetro 4.29 cm, altura 0.96 cm y una pérdida de suelo de 1.35 ts/ha.

Se utilizó un costo total de \$3355.00 para realizar la implementación del sistema silvopastoril con un obrero.

Bibliografía

- Álvarez, P.A. (1997). "Agrosilvicultura Permanente Intercalada, Agrosilvicultura general. Pinar del Río, febrero. Pág. (18- 42).
- Baldizan, A. y E. Chacón 2001. Utilización de especies naturales del bosque seco tropical por pequeños rumiantes a libre pastoreo. *In: Memorias III.*
- Baraza, Elena; Villalba, J.J. y Provenza, F.D. 2005. Nutricional context influences preferences of lambs for foods with plant secondary metabolites. *Applied Animal Behaviour Science*. 92: 293- 305.
- Bidot, Adela. 2004. La situación de la producción ovino-caprina en Cuba. En: *Memorias Curso- Taller Iberoamericano Sistemas de Alimentación Sostenible para ovinos y caprinos*. Ciego de Ávila. Cuba. pp 4- 16. (ISBN: 968- 02- 0114-7).
- Calzada Alma Edward (2007) Evaluación silvícola de *Parmentiera edulis*.
- Calzada, E; y Tamame, D, 2007.Evaluación de las características botánicas y silvícolas de ***Parmentiera edulis D.C***, en las condiciones edáficas y climáticas de Cuba, Fórum de Ciencia y Técnica, Pinar del Río.
- Caviglia O.P.; Sadras V.O., 2001. Effects of nitrogen on conductance, water and radiation use efficiency of wheat. *Field Crops Research*, 69 (3): 259-266. Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Ovinos y Caprinos <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/>. Consultado: 20 de enero 2007.
- García D.E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis de Maestría, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Cuba. 97 pp.
- Gilarte, D. Efectos de las micorrizas arbusculares en especies forestales en condiciones de viveros. Tesis (en opción al título de Ingeniero Agrónomo) FAF, Guantánamo, 2006.
- González, M. 1998. Establecimiento y mantenimiento de barreras vivas.
- Hutchings, M.R. y Kyriazakis, I. 2000. The herbivores 'dilemma: trade-offs between nutrition and parasitism in foraging decisions. *Ecologies*. 124: 242- 251.

- Iglesias, J.M. 2003. Evaluación de sistemas agrosilvopastoriles en la producción bovina. Tesis de Doctor en Ciencias. Biblioteca Instituto de Ciencia Animal, La Habana Cuba.
- Jiménez. M., 2006. Guía Técnica Agroforestal. La Habana. Revisado 2/2/07.
- Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. y Pezo, D. 2006. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using fodder trees as part of the N-ration. *In*: A. Speedy y P. Pugliese (eds.). Legume Tree and other Fodder Trees as Protein Sources for Livestock. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at MARDI, Kuala Lumpur, Malaysia. FAO, Animal Production and Health Paper No. 102. FAO, Rome, Italy. pp. 161-175.
- Nair, P.K.R. 2003. Classification of agroforestry systems. *In*: P.K.R. Nair (ed.). Agroforestry systems in the tropics. Dordrecht, The Netherland. Kluwer Academic Press/ICRAF. pp 39-52.
- Pedraza, R.M. 2000. Valor nutritivo del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. Y su efecto en el ambiente ruminal. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA- Univ. de Camagüey. La Habana. (Resumen). 34 p.
- Rodríguez Y., 2005. Implementación de un sistema agrosilvopastoril.
- Soto, C, F (2002). Zonificación agroecológica del cafeto en los macizos montañosos Sagua-Nipe-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya.
- Torres y Guevara A. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico 2007.
- Veldkamp, E., 2001. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. Tesis PhD., Universidad de Wageningen, NL.